



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 20

PRODUTO EDUCACIONAL

MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS
PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY

Autores: Rafaela Garbin da Silva e Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Maringá - PR

2025

MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: **EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY**, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Maringá-PR

2025

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S586m

Silva, Rafaela Garbin da

Mergulhando no eletromagnetismo : experimentos para desvendar a lei de Faraday /
Rafaela Garbin da Silva. -- Maringá, PR, 2025.
89 f.

Acompanha a dissertação de mestrado: Explorando o eletromagnetismo. 307 f.
Orientador: Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes.
Produto educacional (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Maringá,
Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2025.

1. Lei de Faraday. 2. Eletromagnetismo - Experimentos. 3. Sequência didática. 4.
Aprendizagem significativa. 5. Física - Ensino médio - Estudo e ensino. I. Fernandes, Paulo
Ricardo Garcia, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas.
Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de
Física (MNPEF). III. Título.

CDD 23.ed. 530.07

APRESENTAÇÃO

Prezado leitor(a), o presente trabalho parte de uma proposta de sequência didática (SD) com o objetivo de contribuir para o ensino de Física nas aulas sobre a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética. Neste trabalho, foi elaborado, desenvolvido e aplicado um Produto Educacional (PE) que buscasse despertar o interesse dos alunos para compreender tal fenômeno e fornecer subsídios para o trabalho dos professores em sala de aula.

A sequência didática é composta por atividades experimentais, questionários, rodas de conversa, debates e análise dos resultados utilizando abordagens que buscam colocar o aluno como protagonista do seu conhecimento e relacionar os conceitos físicos com as suas aplicações. Nesse sentido, algumas metodologias de ensino foram adotadas, dentre elas, a rotação por estações com experimentos que permitem a observação do fenômeno de indução eletromagnética e a manipulação dos experimentos realizada pelos alunos. Houveram também algumas análises das práticas experimentais e rodas de conversas que nortearam as aulas e a construção dos conceitos físicos a partir da compreensão dos discentes sobre os temas estudados.

O trabalho conta com um capítulo de fundamentação teórica que aborda todos os conhecimentos necessários para a compreensão do conceito de indução eletromagnética. Possui também um capítulo sobre a sequência didática (SD), explicitando as habilidades da BNCC a serem exploradas, a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e algumas metodologias adotadas para buscar uma aprendizagem. Além disso, oferece uma descrição detalhada das aulas, com os passos e explicações de cada uma das atividades propostas, bem como a descrição das montagens experimentais e sugestões para que possam ser reproduzidas. Apresenta também os critérios de correções que serão adotados nesta SD e as respostas esperadas para cada questão que os alunos terão de responder durante este trabalho.

A construção deste PE foi elaborada tomando como referência uma turma do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública do Estado do Paraná, na modalidade Educação de Campo, com o total de 13 alunos. Portanto, para utilizar a SD em outras turmas, se faz necessário analisar suas particularidades, como o número de alunos, e se necessário realizar algumas adaptações. Uma sugestão é aumentar o número de montagens experimentais para que possa atender melhor às necessidades da turma.

No Apêndice I consta o Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados, com um material de apoio contendo os passos a serem realizados nos experimentos e os 6 questionários propostos pela SD.

No Apêndice II, consta o Material do Professor: Questionários com respostas esperadas, com um material de apoio contendo as devidas respostas esperadas para cada uma das questões dos questionários pertencentes à SD, além de alguns comentários sobre o que espera-se que os alunos observem e compreendam em alguns passos realizados nos experimentos.

No Apêndice III, há o Guia de Montagem Experimental, com a descrição da montagem dos experimentos realizados ao longo da SD e dos materiais que foram utilizados na construção.

Na construção deste PE, algumas pessoas foram fundamentais para a elaboração e auxílio. Agradeço, aos meus pais por me motivarem a cada dia, a minha mãe Maria de Fatima Garbin da Silva por toda paciência e conselhos valiosos, ao meu pai Ademir Aparecido dos Reis da Silva por toda ajuda e zelo me auxiliando nas montagens das plataformas e suportes de madeira. Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Ricardo Garcia Fernandes por todos os ensinamentos, apoio e por ter sempre me acompanhado e orientado na elaboração deste PE. Também agradeço à Prof. Dra Hatsumi Mukai por todo aprendizado, pelo tempo e dedicação para me ajudar a lapidar este trabalho. Agradeço a todos da minha família e amigos que contribuíram para este trabalho. Um agradecimento especial ao meu amigo da graduação Alexandro Lopes de Sousa Freitas por toda a ajuda com as montagens experimentais, pelas conversas e trocas de informações, pelo aprendizado e por sempre estar disposto a me ajudar.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Sumário

Introdução.....	1
1 Fundamentação teórica.....	2
1.1 Fundamentos teóricos de Física.....	2
1.2 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).....	6
2 Sequência Didática.....	8
3 Desenvolvimento das aulas.....	11
3.1 Aula 1 - Questionário diagnóstico e roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética.....	14
3.2 Aula 2 - Atividade rotação por estações.....	16
3.2.1 Rotação por estações.....	17
3.2.1.1 Estação 1: Atividade experimental 1- Faça como Oersted.....	18
Objetivo.....	18
Materiais utilizados.....	19
Montagem experimental.....	19
3.2.1.2 Estação 2: Atividade experimental 2- Motor elétrico.....	20
Objetivo.....	21
Materiais utilizados.....	21
Montagem experimental.....	22
3.2.1.3 Estação 3: Atividade experimental 3 – Gerando corrente induzida.....	23
Objetivo.....	24
Materiais utilizados.....	24
Montagem experimental.....	24
3.3 Aula 3 - Roda de conversa, funcionamento do transistor e aplicações.....	25
3.4 Aula 4 - Experimento da Lei de Faraday.....	28
3.4.1 Experimento da Lei de Faraday.....	29
Materiais utilizados.....	31
Descrição do experimental.....	32
Montagem experimental.....	32
Circuito gerador.....	32
Circuito Receptor.....	35
Medidas realizadas.....	37
3.5 Aula 5 - Associação de conceitos da Lei de Faraday e aplicações.....	39
3.6 Aula 6 - Atividade questões objetivas e aplicação do questionário diagnóstico final.....	40
4 Considerações finais.....	43
Referências Bibliográficas.....	44
Apêndice I - Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados.....	45
Apêndice II - Material do Professor: Questionários com respostas esperadas.....	61
Apêndice III - Guia de Montagem Experimental.....	76

Introdução

Muitas vezes compreender a Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética pode representar um desafio para muitos alunos, principalmente porque, embora ocorra com frequência no cotidiano, não é simples observar diretamente esse fenômeno, dada a sua própria natureza. Tendo em vista essa dificuldade, neste trabalho é proposto um experimento que permita o aluno visualizar o processo de indução eletromagnético a distância. Contudo, alguns estudos apontam que é necessário entender o processo pelo qual os indivíduos aprendem.

Assim, este trabalho terá como base a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que defende a utilização de subsunçores, que funcionam como conceitos chave e realizam uma conexão entre o conhecimento pré-existente do aluno com o novo conteúdo que está sendo apresentado a ele (MOREIRA, 2012).

Existem também condições para ocorrer a aprendizagem significativa, primeiramente o material de aprendizagem deve ser significativo ao aluno e o mesmo deve apresentar uma predisposição a aprender (MOREIRA, 2012).

Este produto educacional propõe uma sequência didática SD para trabalhar a Lei de Faraday no ensino médio, trazendo uma problematização sobre motores, carregadores de celulares e fogão por indução e utilizando abordagens experimentais que possam ser úteis para os que os professores do ensino médio possam trabalhar nas aulas de Física.

1 Fundamentação teórica

Neste capítulo, serão apresentados os fundamentos teóricos de Física e a teoria de aprendizagem que serviram como base para o desenvolvimento deste PE.

1.1 Fundamentos teóricos de Física

Um dos ramos da Física muito importante é o eletromagnetismo que estuda os fenômenos da eletricidade e magnetismo. Em 1820, Oersted descobriu que a passagem da corrente elétrica em um fio condutor produz fenômenos magnéticos. Verificando os efeitos originados por um ímã e por uma corrente elétrica percorrendo um fio condutor, percebeu-se que produziam o mesmo efeito, isso indica que a corrente elétrica gera campo magnético assim como aquele gerado pelos ímãs (RAMALHO et al., 2007).

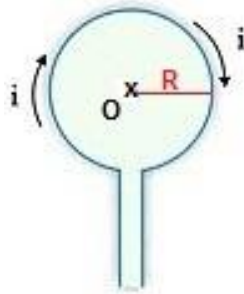
As equações de Maxwell compõem a base do eletromagnetismo. E, para compreender alguns destes fenômenos envolvendo eletricidade e magnetismo, existem algumas leis fundamentais como a Lei de Gauss, a Lei de Ampère e a Lei de Faraday.

Em uma distribuição de cargas é possível obter a intensidade do campo elétrico somando todos os campos elétricos produzidos por todas as cargas, o que em casos de simetria plana, cilíndrica ou esférica pode ser determinado pela Lei de Gauss. Por meio da Lei de Ampère em alguns casos simétricos também é possível obter campo magnético total que esteja associado a uma distribuição de corrente, se somar os campos magnéticos produzidos por todos elementos de corrente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Ambas as leis dependem das dimensões da distribuição de cargas e de corrente para calcular o campo elétrico e magnético, respectivamente. No entanto, não serão tratados aqui todos os casos. Contudo, para este trabalho será importante interpretar o campo magnético em uma espira circular de centro O e raio R como da Figura 1. Desta forma, o campo magnético B localizado no centro O da espira é perpendicular ao plano da espira e seu módulo pode ser demonstrado pela Equação 1 onde μ_0 é chamada de permeabilidade magnética do meio (BONJORNO et al., 2016).

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R} \quad (1)$$

Figura 1 - Representação de uma espira percorrida por uma corrente elétrica.

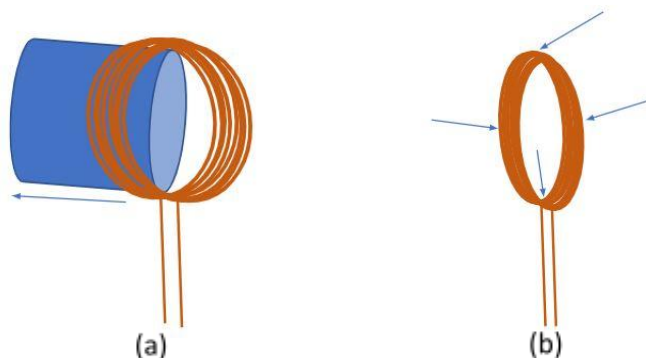


Fonte: adaptado de <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Espira.jpg>>. Acesso em: 30 set. 2023.

Uma espira percorrida por uma corrente elétrica gera um campo magnético semelhante ao de um ímã, possuindo polo norte e polo sul. Ao enrolar um fio pode-se formar várias espiras e assim, ao juntar um número N de espiras enroladas, tem-se uma bobina.

Para fazer a bobina, siga os seguintes passos: Pegue um recipiente, por exemplo, um frasco de conserva vazio, e enrole um fio em torno do frasco, deixando livre as extremidades do fio (que servirá para contato). O número de voltas em torno do frasco será o número de espiras. Quando enrolar o suficiente, retire o frasco como indicado na Figura 2 (a). Deixe as extremidades do fio com o mesmo comprimento e corte o fio. Após, corte 3 pedaços de fita isolante para amarrar a espira. Junte as espiras prendendo-as em alguns pontos, indicado com setas na Figura 2 (b). Raspe as extremidades das extremidades do fio. Está pronta a bobina.

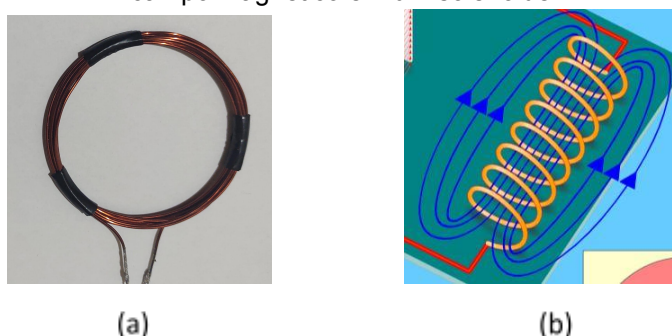
Figura 2 – Desenho ilustrativo para a confecção da bobina: (a) retirando o frasco que serviu de apoio para enrolar as espiras e de que deve deixar um comprimento de fio antes e depois; (b) indicando com uma seta sugestão de onde amarrar para que fique firme.



Fonte: a autora.

Na Figura 3 (a), observa-se a imagem de uma bobina feita com 12 espiras, que será utilizada neste trabalho. As linhas de campo magnético produzidas por cada espira, possuem uma região chamada de polo norte, onde saem as linhas de indução e uma chamada polo sul onde as linhas entram. Uma possível representação das linhas de campo magnético pode ser observada na Figura 3 (b), que ilustra um solenoide, cujo seu comprimento é maior que o seu diâmetro (BONJORNO et al., 2016).

Figura 3 - (a) Imagem fotográfica de uma bobina com 12 espiras; (b) Representação de linhas de campo magnético em um solenóide.



Fontes: (a) Arquivos da autora, 2023; (b) <https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ele_elmg&l=pt>. Acesso em: 30 set. 2023.

Outra equação de Maxwell é conhecida como Lei de Faraday. Após várias tentativas experimentais, em 1831, Michael Faraday descobriu que uma corrente elétrica poderia ser produzida ao variar um ímã em torno de um fio no formato espiral (BONJORNO et al., 2016).

Ao variar, no tempo, o campo magnético $\vec{B}$, que atravessa a superfície de uma espira, surge, na espira, uma força eletromotriz e, uma corrente pode ser induzida na espira. A lei de indução de Faraday aponta que uma força eletromotriz é induzida quando há variação do número de linhas de campo magnético que atravessam a espira (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

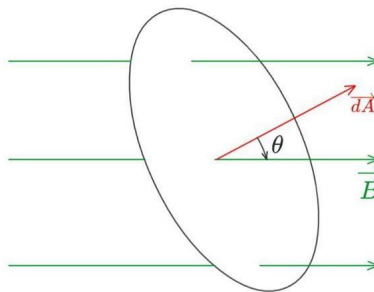
Portanto o fluxo do campo magnético ϕ_B representado na Figura 4 é dado pela Equação 2:

$$\phi_B = \int_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA \quad (2)$$

Algumas equações no ensino médio são trabalhadas de forma diferente, devido aos recursos matemáticos utilizados. Ao considerar o campo magnético perpendicular à superfície formada pela espira, tem-se que o produto escalar entre os vetores $\vec{B}$ e $d\vec{A}$ fica igual ao módulo do vetor $\vec{B}$, representado por B , e o valor da área A . Isso se verifica porque o ângulo θ formado entre $\vec{B}$ e $d\vec{A}$ é igual a zero e o cosseno de zero é igual a um. Assim, para um ângulo qualquer θ entre os vetores os vetores $\vec{B}$ e $d\vec{A}$ (Figura 4), obtém a Equação 3. Portanto, o fluxo total do campo magnético ϕ_B pode ser obtido pelo produto da intensidade do campo magnético, B , que atravessa uma superfície de área, A , e o cosseno do ângulo θ entre vetores $\vec{B}$ e $d\vec{A}$ conforme representado na Figura 4 (BONJORNO et al., 2016).

$$\phi_B = BA \cos\theta \quad (3)$$

Figura 4 - Representação do fluxo do campo magnético atravessando uma superfície de área A ; $d\vec{A}$ é uma área infinitesimal (elemento de área); $\vec{B}$ é o campo magnético.



Fonte: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31786861>>. Acesso em: 23 set 2023.

Desta forma, a variação do fluxo do campo magnético cria na espira condutora uma força eletromotriz (fem) induzida ε , cujo valor é igual a taxa de variação do fluxo magnético $\Delta\phi_B$ que atravessa a espira num determinado tempo e pode ser calculada pela Equação 4.

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} \quad (4)$$

Em (4), o sinal negativo indica o sentido da corrente, descrito pela Lei de Lenz. Nela, quando há um campo magnético variando com o tempo próximo a um condutor fechado, surge nesse condutor, um campo magnético induzido que se opõe à variação do campo magnético que o criou (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Uma fonte de tensão elétrica, a fim de produzir uma corrente elétrica, gera uma força eletromotriz submetendo os portadores de cargas a uma diferença de potencial. Sobre a fem, não se trata exatamente de uma força, afinal, esse é somente o termo utilizado para indicar essa diferença de potencial produzida por uma fonte de tensão (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016, p.375) “(...) a força eletromotriz de uma fonte é o trabalho por unidade de carga que a fonte realiza para transferir cargas do terminal de baixo potencial para o terminal de alto potencial”.

O trabalho que é realizado por uma fonte que seja ideal (sem resistência) teria que ser igual a energia que aparece no resistor, segundo a Lei de conservação de energia. Assim, obtém-se a Equação 5, na qual ε corresponde a energia transferida da fonte para poder mover cada carga elétrica no circuito, e a grandeza iR corresponde a energia transferida (em forma de calor para os casos de fonte ideal, sem resistência) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Portanto, utiliza-se a Equação 6 para determinar a corrente induzida i .

$$\varepsilon = i \cdot R \quad (5)$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} \quad (6)$$

Na próxima seção será apresentada a Teoria da Aprendizagem Significativa que auxiliará na construção deste PE.

1.2 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

As teorias de aprendizagem são essenciais para as aulas, pois oferecem fundamentação para as práticas adotadas durante o ensino, ajudando a entender

como os alunos aprendem, permitindo que os educadores possam buscar estratégias de ensino que se adequam às necessidades dos estudantes.

Sendo assim, existem teorias cognitivas que possuem como foco o processo de cognição acerca de como as pessoas atribuem um significado a sua realidade (OSTERMANN e CAVALCANTI, 2011).

Neste sentido, David Ausubel é um autor muito importante da teoria da Aprendizagem Significativa, que refere-se ao processo pelo qual as novas ideias se conectam com os conhecimentos que o aprendiz já sabe (MOREIRA, 2012). Ausubel defende a utilização de subsunção para realizar a conexão entre os conhecimentos pré-existentes e o conteúdo novo (Moreira, 2012). Segundo o autor, subsunção pode ser um conceito, uma ideia ou proposição que o aluno já possui, capaz de ancorar a uma nova informação e, assim, adquirir um significado para o aluno (MOREIRA, 2006).

Moreira (2006) afirma que existem condições para que ocorra, a aprendizagem significativa como o material significativo e a disposição do aprendiz. Por exemplo, o material deve ser significativo, ou seja, ter significado e possuir uma relação com o aluno. Além disso, o aluno deve estar disposto a relacionar o material com seus conhecimentos prévios, ou seja, possuir predisposição para integrar, modificar, enriquecer ou dar significado aos conhecimentos.

Na seção 2, a seguir, apresenta-se a SD com o intuito de elaborar aulas para trabalhar de forma mais dinâmica o conceito de indução eletromagnética. Para isso, alguns conceitos são peças importantes para que os alunos consigam assimilar tal conhecimento. Sendo assim, buscam-se diferentes maneiras para o aluno participar mais ativamente das aulas.

2 Sequência Didática

A compreensão da Lei de Faraday e o processo de indução eletromagnética não é muito simples. Além do mais, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel as novas informações devem se relacionar com conhecimentos já existentes.

Este produto educacional busca propor uma SD para trabalhar a Lei de Faraday que seja capaz de construir uma aprendizagem significativa sobre o conceito. Para este fim, se faz necessário uma abordagem mais dinâmica, utilizando de metodologias que tendem a colocar o aluno como protagonista.

Portanto, algumas das atividades consideradas mais adequadas para o grau de compreensão são aquelas que contêm observação dos conceitos em diferentes situações e quando o indivíduo utiliza suas explicações espontâneas sobre os conceitos, o que por sua vez, pode ocorrer em atividades como debates, exposições e trabalhos em equipes (ZABALA, 1998).

Algumas habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) apontam a importância de elaborar hipóteses, previsões e a interpretação de resultados experimentais, assim como a utilização de equipamentos para compreender a tecnologia. (BRASIL, 2018). O que por sua vez indica a importância de utilizar experimentos e uma abordagem sobre aplicações.

A SD, portanto, busca utilizar metodologias que auxiliam a aprendizagem e, como meio de tentar determinar esta aprendizagem, terá como método avaliativo as atividades diagnósticas e processuais.

Durante as aulas, serão realizadas várias atividades de roda de conversa como meio de dialogar e identificar a compreensão dos alunos acerca dos conteúdos propostos. Haverá também uma atividade de rotação por estações, em que os alunos realizam práticas experimentais, manipulando os equipamentos e visualizando os fenômenos. As atividades experimentais, tanto físicas quanto por meio de simuladores, buscam ilustrar e facilitar a compreensão do aluno acerca dos fenômenos estudados.

Para esta SD foram construídos alguns experimentos, que podem ser reproduzidos por professores que queiram utilizá-los em suas aulas, contudo, cabe ressaltar que será necessário realizar alguns testes durante a montagem

experimental, e caso seja necessário, pode-se adaptar ou utilizar outros materiais durante a construção, também pode-se acrescentar novos experimentos, caso o professor(a) julgue necessário para a construção do conhecimento dos alunos. Desta forma, no Apêndice III deste trabalho, há um Guia de Montagem Experimental, com a descrição da montagem dos experimentos propostos e construindo neste trabalho e dos respectivos materiais que foram utilizados na construção.

As características gerais da SD estão descritas no Quadro 1, apresentado como uma ficha técnica sobre as aulas.

Quadro 1 - Ficha técnica da sequência didática.

TÍTULO - Mergulhando no Eletromagnetismo: Experimentos para Desvendar a Lei de Faraday	
Duração: 06 aulas de 50 minutos.	Público alvo: alunos do terceiro ano do ensino médio.
CONTEÚDOS	CONCEITUAL Experimento de Oersted: • Corrente elétrica; • Campo magnético; Circuitos: • Dispositivos elétricos; • Circuito em série; • Medidas elétricas; Lei de Ampère: • Corrente Induzida; • Indução eletromagnética; Lei de Faraday: • Campo Magnético variável no tempo; • Força eletromotriz; • Aplicações tecnológicas; - o Carregador de celular por indução; - o Motores; - o Fogão por indução.
METODOLOGIAS	• Rotação por estações; • Roda de conversa; • Atividades experimentais; • Simulador.
	Diagnóstica / Conceitual • Questionário preliminar;

Continua...

AVALIAÇÃO	• Questionários de análises experimentais.
	Procedimental / Atitudinal / Factual • Discussão em sala; • Trabalho em grupo; • Atividades experimentais.
	Avaliativa / Conceitual / Factual • Questionário avaliativo; • Exercício proposto.

Fonte: a autora.

As habilidades da BNCC a serem trabalhadas têm como objetivo o desenvolvimento dos estudantes. Brasil (2018), apresenta a habilidade da BNCC (EM13CNT301) que dispõe sobre:

“Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica” (BRASIL, 2018, p.559).

Essa habilidade destaca a importância de fazer perguntas, testar ideias e aprender a resolver problemas usando métodos científicos, a fim de que os alunos possam construir conclusões e formar opiniões que os ajudem a enfrentar situações-problema do cotidiano. Tal habilidade será empregada na SD deste trabalho por meio de métodos que serão adotados para a coleta de dados, do estímulo à experimentação e à formulação de hipóteses acerca dos fenômenos que os alunos observarão durante as atividades realizadas nas aulas.

Também será trabalhada a habilidade BNCC (EM13CNT308), segundo Brasil (2018) enuncia:

“Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais”. (BRASIL, 2018, p.560).

Essa habilidade retrata a importância de estudar como os equipamentos elétricos e eletrônicos funcionam e buscar compreender como afetam nossas vidas, a sociedade, a cultura e o meio ambiente. A habilidade será explorada por meio da análise acerca do funcionamento de equipamentos relevantes e importantes, como meio de compreender os fenômenos físicos que estão associados a seus respectivos funcionamentos e, também, levantar as opiniões dos alunos sobre sua importância.

3 Desenvolvimento das aulas

O produto educacional segue uma sequência didática (SD) com o total de seis aulas de 50 minutos cada. A estrutura e elaboração desta sequência leva em consideração a construção de conhecimentos com foco final na compreensão da Lei de Faraday por parte dos estudantes.

A SD inclui atividades experimentais, simulador e rodas de conversa, com o objetivo de verificar as concepções dos alunos, proporcionando experiências que os aproximam do conceito de indução eletromagnética, buscando a compreensão e aprendizagem significativa da Lei de Faraday.

Sendo assim, é necessário uma busca por subsunçores que são fundamentais para o desenvolvimento da aprendizagem significativa, para que auxilie na atribuição de novos significados aos conceitos.

Desta forma, na SD algumas atividades, questionários e roda de conversa buscam identificar subsunçores, para assim no decorrer das atividades poder atribuir a eles novos significados que possam integrar aos significados dos conceitos estudados.

Portanto, a estrutura das aulas da SD foram pensadas e elaboradas seguindo o objetivo de buscar construir uma aprendizagem significativa. Em cada aula, foram trabalhados alguns conteúdos, tendo como abordagem atividades propostas na descrição do Quadro 2.

Quadro 2 - Resumo das aulas.

Sequência didática		
AULA	CONTEÚDO	ATIVIDADE PROPOSTA
Aula 1	Contextualização sobre Indução eletromagnética. Carregador de celular por indução; Fogão por indução.	Questionário 1- Diagnóstico (Apêndice I atividade A1).
		Roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética com enfoque nos motores, no fogão e no carregador de celular por indução.

Continua...

Aula 2	Experimento de Oersted; Campo magnético; Circuitos; Lei de Ampère; Lei de Faraday.	Atividade rotação por estações; Três experimentos: Estação 1: Faça como Oersted; Estação 2: Funcionando o motor elétrico; Estação 3: Gerando corrente induzida.
		Questionário 2 - Análise experimental atividade rotação por estações (Apêndice I atividade A2).
Aula 3	Experimento de Oersted; Campo magnético; Transistor; Lei de Ampère; Lei de Faraday.	Revisão dos conceitos: roda de conversa sobre as observações e experiências dos alunos durante as atividades da aula 2.
		Simulador PhET Colorado;
		Abordagem sobre o funcionamento do transistor e demais componentes eletrônicos.
Aula 4	Corrente Induzida; Força eletromotriz; Lei de Faraday.	Experimento da Lei de Faraday
		Questionário 3- Dados Experimentais: Medida corrente induzida pela distância entre as bobinas (Apêndice I atividade A3).
		Confecção e interpretação do gráfico ($i \times d$) de corrente induzida pela distância entre as bobinas;
Aula 5	Lei de Faraday; Carregador de celular por indução; Fogão por indução.	Retomada e revisão de conceitos e da Lei de Faraday.
		Associação dos conceitos com as aplicações: Motores, carregador de celular por indução e fogão por indução.
		Questionário 4- Organizador de pensamentos (Apêndice I atividade A4).
Aula 6	Corrente elétrica; Campo magnético; Experimento de Oersted; Circuitos; Corrente Induzida; Indução eletromagnética; Lei de Ampère; Força eletromotriz; Lei de Faraday.	Atividade com questões objetivas (Apêndice I atividade A5).
		Questionário 5 – Avaliativo (Apêndice I atividade A6).

Fonte: a autora.

Foram elaborados seis questionários para serem respondidos pelos alunos no decorrer da SD. O objetivo desses questionários é auxiliar no diagnóstico das concepções e compreensões, o que, por sua vez, possibilita a busca por novas abordagens para melhor absorção do conteúdo proposto e identificação de barreiras existentes para a aprendizagem.

Todos os questionários contaram com questões dissertativas, nas quais os alunos deverão formular respostas com suas palavras. Dessa forma, as respostas dos alunos poderão apresentar uma vasta gama de possibilidades, sendo assim, será necessário realizar uma análise qualitativa sobre os argumentos utilizados em cada questão.

Nos questionários diagnósticos, as respostas esperadas podem ser escritas de diversas maneiras. Portanto, como meio de avaliar a compreensão dos alunos, será necessário identificar termos em comum ou similares às respostas esperadas. E assim, sugere-se classificar as respostas em quatro categorias. Como, “Insuficiente”, quando a resposta não condiz com nenhum aspecto parecido com o esperado em cada questão ou não for capaz de responder à pergunta referida. Como “Parcialmente suficiente”, quando parte da resposta for coerente ou a mesma se encontrar somente incompleta. Também como “Suficiente”, quando todos os argumentos conseguem responder às perguntas sendo considerados como uma boa resposta mesmo que não esteja completamente igual aos argumentos das respostas esperadas. Ou como “Adequada”, quando todos os argumentos estão em perfeita conformidade com o esperado e atende completamente à pergunta.

Cada critério deve ser analisado de acordo com suas características, e uma nota atribuída de acordo com o Quadro 3, que apresenta a faixa contendo os valores de cada conceito, totalizando, no máximo 10 pontos.

Quadro 3 - Critérios de correção dos exercícios.

CONCEITOS	VALOR
Insuficiente	0
Parcialmente suficiente	1 - 5
Suficiente	6 - 9

Continua...

Adequada	10
----------	----

Fonte: a autora.

A participação do aluno nas aulas e durante as diferentes atividades realizadas no decorrer da SD é muito importante e assim deve ser levada em consideração. Portanto, em cada aula será atribuída uma nota ao aluno classificando sua participação. Além disso, é necessário levar em consideração as particularidades de cada um. Cada participação, manipulação e discussão realizada durante a aula deve ser considerada ao classificá-lo.

Para cada aula, deve-se analisar a participação de forma individual e uma nota atribuída ao aluno. Os valores ainda seguem os citados no Quadro 3. Neste caso, indicam-se os seguintes critérios: “Insuficiente”, quando o aluno não estiver presente durante a aula ou estiver realizando qualquer outra atividade que não pertença às propostas pela SD. Como “Parcialmente suficiente”, quando o mesmo realizar somente parte das atividades propostas durante a aula. Como “Suficiente”, quando realizar todas as atividades e participar de todas atividades mesmo que com poucas contribuições. E como “Adequada”, quando participar integralmente das atividades realizando as aulas práticas, participando de todas as discussões argumentando e interagindo com os materiais, colegas e professor(a).

Sendo assim, as aulas da SD foram dispostas da seguinte forma.

3.1 Aula 1 - Questionário diagnóstico e roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética.

No Quadro 4, apresenta-se o esquema sobre a primeira aula, detalhando o plano da aula 1 com as características sobre a aula.

Quadro 4 - Plano da aula 1

Tema: Questionário diagnóstico e roda de conversa sobre aplicações da indução eletromagnética.	
I - Conteúdo	Lei de Faraday e contextualização sobre Indução eletromagnética.

Continua...

II - Objetivo Geral	• Identificar os subsunçores sobre alguns dos conceitos que auxiliam na compreensão da Lei de Faraday; • Contextualizar através de exemplos de aplicações que utilizam o fenômeno de indução eletromagnética.
III - Objetivos específicos	Questionário diagnóstico: • Busca identificar as concepções sobre alguns dos conceitos que auxiliam na compreensão da Lei de Faraday, como, as maneiras possíveis de criar campo magnético, a relação existente entre corrente elétrica e campo magnético, o que pode ocorrer ao variar campo magnético, indução eletromagnética suas aplicações e sua relação com a distância e também a possibilidade de existência de carga magnética. Roda de conversa: • Apresentar aplicações da indução eletromagnética em motores, carregador de celular por indução e fogão por indução. • Aproximar os alunos das aplicações do fenômeno a ser estudado, contextualizando e buscando criar predisposição a aprender.
IV - Desenvolvimento da aula	• Apresentação da proposta de ensino; • Aplicação do questionário diagnóstico (individual); • Roda de conversa sobre aplicações.
V - Recursos didáticos	• Lousa e giz; • Questionário impresso; • Tv.
VI - Avaliação	Avaliação diagnóstica e formativa.

Fonte: a autora.

Inicialmente será realizada a aplicação do questionário diagnóstico preliminar (Atividade A1), que pode ser encontrado no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados), para verificar os subsunçores dos alunos. O questionário é constituído por sete perguntas abertas e espera-se que os alunos

consigam responder de forma adequada. Por este motivo, para correção e análise das respostas serão consideradas as respostas esperadas para cada questão, que podem ser encontradas no Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas), nomeado como B1: Respostas esperadas para o Questionário diagnóstico preliminar.

Após recolher o questionário respondido será iniciada uma Roda de Conversa sobre os temas abordados e as percepções dos alunos. Também será realizada uma abordagem sobre possíveis aplicações da indução eletromagnética, questionando e levantando a ideia do funcionamento dos motores, do fogão por indução e do carregador por indução. Esta atividade tem como objetivo possibilitar maior comunicação entre professor e alunos, bem como, identificar mais subsunçores dos alunos por meio do diálogo. E também, instigar o interesse dos alunos para a compreensão de algumas aplicações.

3.2 Aula 2 - Atividade rotação por estações.

No Quadro 5, apresenta-se o esquema sobre a segunda aula, detalhando o plano da aula 2 com as características sobre a aula.

Quadro 5 - Plano da aula 2

Tema - Atividade rotação por estações.	
I - Conteúdo	Experimento de Oersted, campo magnético, circuitos, Lei de Ampère e Lei de Faraday.
II - Objetivo Geral	• Construir o conhecimento dos alunos através da observação e manipulação; • Compreensão do experimento de Oersted e alguns conceitos que auxiliem na compreensão da Lei de Faraday.
III - Objetivos específicos	Rotação por estações: • Identificar que corrente elétrica ao atravessar um fio é capaz de gerar campo magnético; • Verificar que o campo magnético criado por uma corrente elétrica ao

Continua...

	passar por um fio pode interagir com o campo magnético dos ímãs; • Compreender que quando ocorrem variações do campo magnético de um ímã no tempo é possível gerar uma corrente induzida em um condutor.
IV - Desenvolvimento da aula	• Montagem das três estações com os materiais necessários; • Divisão da turma em três grupos de 3 a 5 alunos; • atividade rotação por estações em grupo; • Aplicação do questionário experimental atividade rotação por estações.
V - Recursos didáticos	• Lousa e giz; • Experimentos; • Questionário impresso.
VI - Avaliação	Avaliação diagnóstica e formativa.

Fonte: a autora.

A aula 2 utilizará uma metodologia ativa conhecida por rotação por estações que contará com 3 experimentos separados, para que os alunos possam realizar em grupos. Para que os alunos possam realizar os experimentos, o professor irá fornecer todos materiais necessários e uma instrução para auxiliá-los. Durante a realização de cada experimento, os alunos vão preencher um questionário com perguntas sobre cada estação.

3.2.1 Rotação por estações.

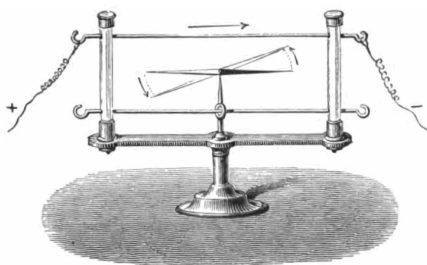
Os alunos vão realizar um total de 3 estações com experimentos diferentes. A turma será dividida em grupos de 3 a 5 alunos, cada grupo terá 10 minutos por estação. Após realizar cada experimento, os alunos, reunidos em seus respectivos grupos, vão discutir e preencher o questionário que pode ser encontrado no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o nome A2: Questionário: Atividade rotação por estações.

3.2.1.1 Estação 1: Atividade experimental 1- Faça como Oersted.

Oersted acreditava que havia uma relação entre os efeitos magnéticos e os elétricos. Assim, realizou experimentos como meio de tentar relacioná-los. Em um experimento (Figura 5), colocou uma agulha metálica em paralelo a um fio metálico por onde é possível percorrer uma corrente elétrica (CHAIB e ASSIS, 2007).

A agulha inicialmente estática e orientada com o campo magnético terrestre, assim, com a passagem da corrente elétrica pelo fio, Oersted observou que a agulha era defletida, alterando sua direção (CHAIB e ASSIS, 2007).

Figura 5 - Imagem ilustrativa do experimento de Oersted.



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oersted_experiment.png>. Acesso em: 23 set. 2023.

Como visto, ele associou que a corrente elétrica passando em um fio gera campo magnético, assim, como o de um ímã, afinal ambos possuem a mesma propriedade magnética. Buscando a compreensão e uma melhor visualização do fenômeno, os alunos vão, nessa atividade experimental, ter a oportunidade de manipular e assim visualizar o que Oersted observou na agulha. Desta forma, os materiais necessários para a atividade precisam ser selecionados e preparados pelo docente.

Objetivo

Esta atividade experimental foi construída com o objetivo de auxiliar os alunos a identificar que corrente elétrica ao atravessar um fio é capaz de gerar campo magnético.

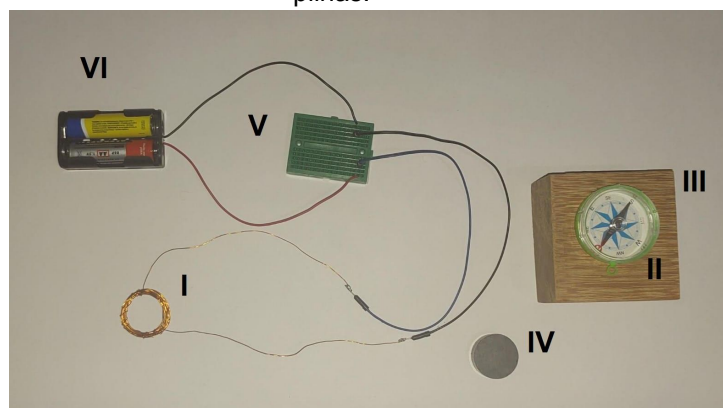
Materiais utilizados

- Uma bússola;
- Um suporte para duas pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5V;
- Um ímã de ferrite em disco (2,5cm x 0,5cm);
- Apoio de madeira;
- Bobina com fio de cobre 0,2 mm enrolado (20 espiras de raio 1 cm);
- Uma mini *protoboard*;
- Dois *Jumpers* (ou 10 cm de fios conectores de 1 mm).

Montagem experimental

A Figura 6 mostra todos os itens que vão ser utilizados neste experimento.

Figura 6 - Imagem fotográfica da montagem experimental da estação 1. Sendo I a bobina com os *jumpers*, II a bússola, III o apoio de madeira, IV o ímã, V a mini *protoboard* e VI o suporte com duas pilhas.

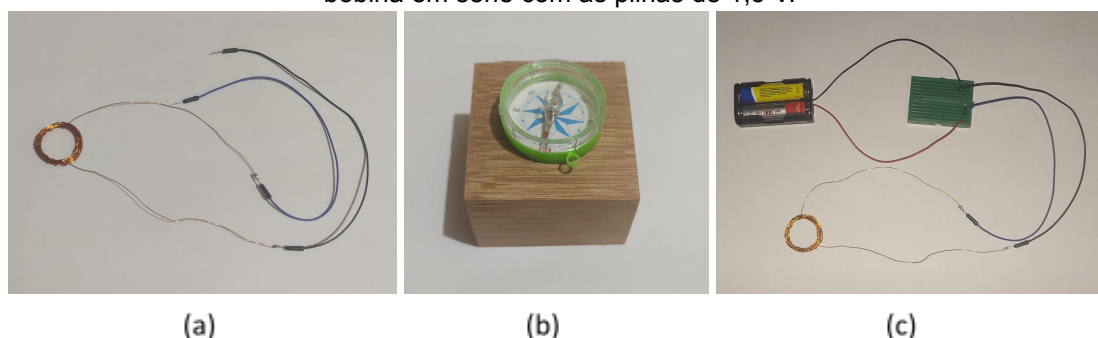


Fonte: arquivos da autora, 2023.

Alguns dos materiais presentes na Figura 6 precisaram ser construídos, como a bobina (I) que, utilizando um fio de cobre, foi construída com 20 espiras deixando livre as extremidades que foram soldados *jumpers* em cada extremidade (Figura 7 (a)). Em todas as ligações foram utilizados *jumpers*, pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na *protoboard*, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar as ligações. Com os demais materiais selecionados a bússola (II) ficará localizada em cima do apoio de madeira (III) de forma que consiga ficar em

repouso como na Figura 7 (b), em seguida alguns testes com o ímã (IV) vão ser realizados aproximando-o da bússola para verificar o que ocorre com ela. O mesmo vai ocorrer com a bobina conectada em série à mini *protoboard* (V) e ao suporte com as pilhas (VI) como mostra a Figura 7 (c) formando um circuito para verificar o que ocorre ao aproximar de uma bússola.

Figura 7 - (a) Imagem fotográfica da bobina de 20 espiras soldada com os *jumpers*; (b) Imagem fotográfica bússola com da montagem expe; (b) Imagem fotográfica do circuito elétrico, formado pela bobina em série com as pilhas de 1,5 V.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Para realização dos experimentos, os alunos terão acesso a algumas instruções necessárias para realizar cada estação, as quais podem ser encontradas no Apêndice I, na atividade A2 referente a Estação 1. Essa atividade também inclui um questionário que exigirá um grande diálogo entre os alunos para que possam responder sobre o que estão observando no experimento.

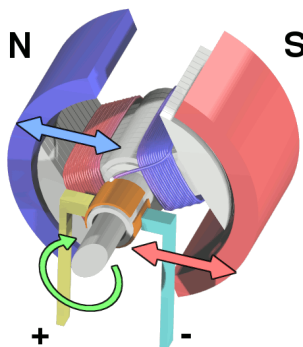
3.2.1.2 Estação 2: Atividade experimental 2- Motor elétrico.

Existem motores elétricos de pequeno porte até máquinas industriais. Eles são os responsáveis por converter energia elétrica em mecânica, baseando-se no princípio onde de que a corrente elétrica, quando percorre um condutor (fio metálico) em um campo magnético externo, gera uma força perpendicular ao fio, que tende a movimentá-lo. Ao utilizar uma bobina contendo mais espiras e colocá-la imersa ao campo magnético externo, observa-se que, quando a bobina for percorrida por uma corrente elétrica sofrerá interação (SANTIAGO et al., 2018).

A Figura 8 demonstra um motor elétrico onde suas extremidades estão o ímã fixo, representados pelos seus polos norte N e sul S. O ímã será responsável por fornecer um campo magnético externo à bobina que se encontra na parte interna

próximo a um eixo móvel. Existe uma distância entre o ímã e a bobina, como demonstra as setas da imagem. Ao passar corrente pela bobina, a interação do campo magnético do ímã fará com que ela comece a girar (no centro da Figura 8 há uma seta representando o sentido de rotação da bobina).

Figura 8 - Desenho ilustrativo do funcionamento de um motor elétrico.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Electric_motor_cycle_3.png>. Acesso em 09 out. 2023.

Objetivo

A atividade experimental tem como objetivo levar o aluno a refletir que o campo magnético criado por uma corrente elétrica ao passar por um fio pode interagir com o campo magnético dos ímãs.

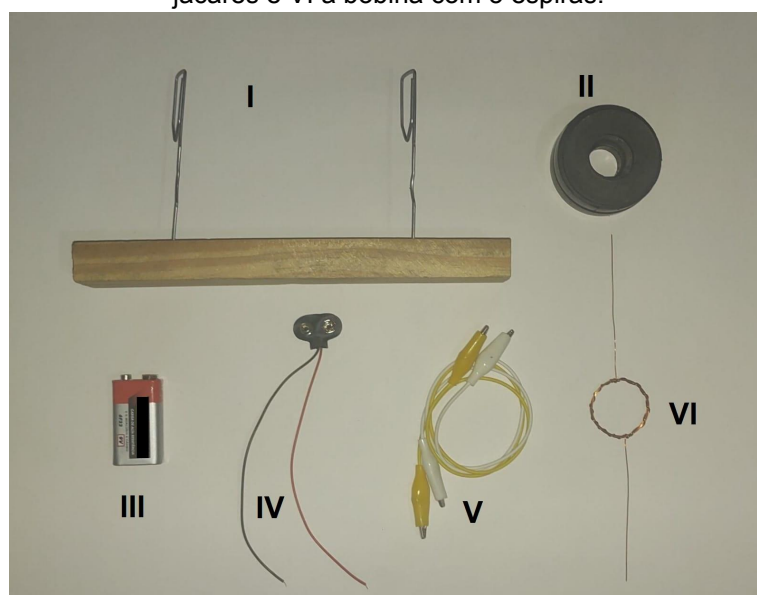
Materiais utilizados

- Bateria 9 V;
- Conector para bateria 9 V tipo T;
- Um suporte de madeira;
- Dois clips (6/0);
- Dois ímãs de ferrite em formato de anel (retirado de alto falante);
- Dois cabos com garras jacaré;
- Bobina de fio de cobre 0,3 mm enrolado (5 espiras de raio 1,5 cm).

Montagem experimental

Para este experimento foram utilizados os materiais representados na Figura 9. Foi construído um suporte de madeira com dois clips fixos (I) de forma que os ímãs (II) possam ser colocados sobre a madeira, entre os clips. Foi montado também um circuito com uma bateria 9V (III) com um conector de bateria tipo T (IV) de forma que cada ponta do conector será ligado a um dos cabos com garras (V), que vão ser conectadas aos dois cliques fixos no suporte. Com o fio de cobre enrolado foi construída uma bobina (VI) de 5 espiras que conectará os dois cliques de forma que o circuito elétrico era fechado.

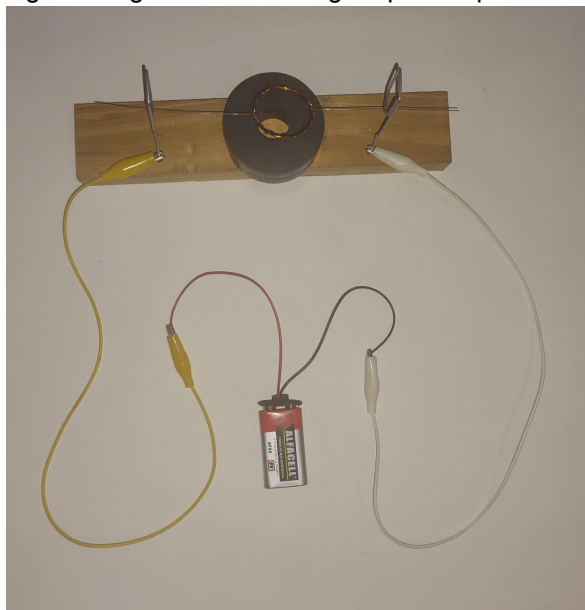
Figura 9 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 2, sendo I o suporte feito com madeira e clips, II os ímãs, III a bateria 9 Volts, IV o conector de bateria, V os cabos de garras jacarés e VI a bobina com 5 espiras.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

A montagem experimental completa deste experimento está indicada na Figura 10. Para realização do experimento os alunos terão algumas instruções para seguir e um questionário a ser preenchido de acordo com a observação e conhecimento dos alunos. Esse material pode ser encontrado no Apêndice I, na atividade A2 referente à Estação 2.

Figura 10 - Imagem fotográfica da montagem para experimento da estação 2.



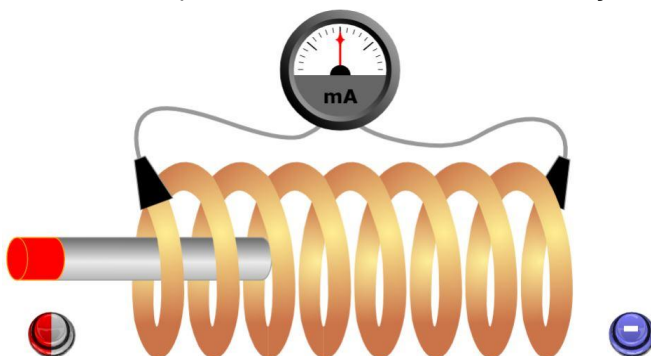
Fonte: arquivos da autora, 2023.

3.2.1.3 Estação 3: Atividade experimental 3 – Gerando corrente induzida.

Faraday descobriu que é possível induzir uma força eletromotriz e uma corrente em uma espira ao variar a quantidade de campo magnético que está atravessando essa espira (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Assim, na Figura 11, imagina-se um experimento relacionado com a lei de indução de Faraday, no qual existem espiras ligadas a um amperímetro. Assim, ao aproximar um ímã, observa-se que o amperímetro marca uma corrente por um instante, e ao afastar o ímã o mesmo ocorre.

Figura 11 - Desenho experimento relacionado a lei de indução de Faraday



Fonte:

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

Acesso em 07 out. 2023.

Verifica-se, com o experimento da Figura 11, que para induzir uma corrente é necessário variar o fluxo de campo magnético em uma bobina. No experimento a seguir, busca-se uma alternativa para variar esse campo magnético e assim gerar uma corrente induzida.

Objetivo

A atividade experimental tem como objetivo levar o aluno a verificar que quando ocorrem variações do campo magnético de um ímã no tempo é possível gerar uma corrente induzida em uma bobina.

Materiais utilizados

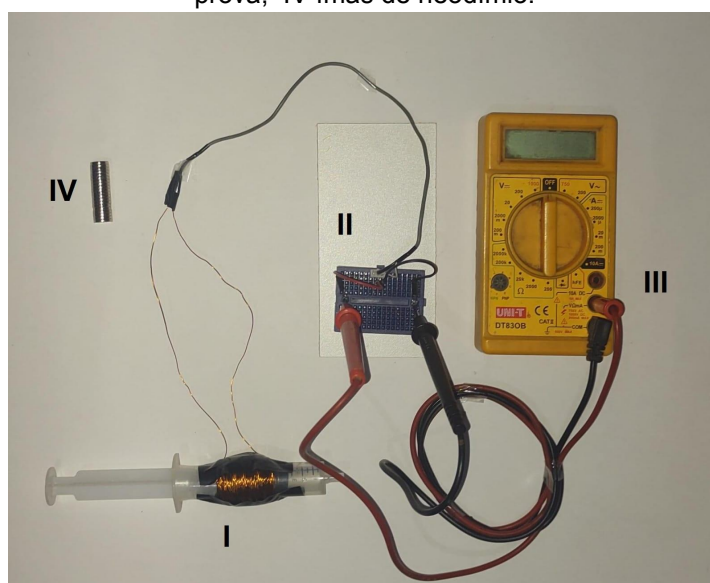
- Seringa (10 ml com 1,8 cm de diâmetro);
- Bobina com fio de cobre 0,2mm (300 voltas);
- Fita isolante;
- Ímãs de Neodímio em disco (20 unidades de 10mm por 1,5mm);
- Suporte de madeira;
- Multímetro;
- Dois cabos ponta de prova;
- Uma mini protoboard;
- Dois fios encapados (retirados de qualquer equipamento eletrônico);
- *Jumpers* (ou 4 cm de fios conectores de 1 mm).

Montagem experimental

Neste experimento (Figura 12) um fio de cobre foi enrolado em volta de uma seringa (300 voltas) e fixado com fita isolante (I), de forma que, as duas pontas fiquem livres, as suas extremidades estão conectadas fios encapados que conectam à dois *jumpers* que foram soldados na mini *protoboard* (II) fixa em um suporte de madeira, assim com o multímetro (III) ligado em série será possível medir a corrente induzida. No interior da seringa foram colocados os 20 ímãs de neodímio (IV). Neste processo, foram utilizados *jumpers*, pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na *protoboard*, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar

as ligações. A montagem experimental pode ser observada na Figura 12 onde o ímã deve estar no interior da seringa para realização do experimento. Contudo, aconselha-se soldar todas as conexões como maneira de reduzir os riscos dos alunos ao manipular os experimentos e acabar desconectando-os e prejudicando na execução do experimento.

Figura 12 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 3, sendo I o fio de cobre enrolado na seringa como uma bobina, II as conexões com *jumper*s, III o multímetro com cabos de prova, IV ímãs de neodímio.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Para realização do experimento os alunos terão algumas instruções e um questionário a ser preenchido de acordo com a observação e conhecimento dos alunos. Esse material pode ser encontrado no Apêndice I, na atividade A2, referente à Estação 3.

3.3 Aula 3 - Roda de conversa, funcionamento do transistor e aplicações.

No Quadro 6, apresenta-se o esquema sobre a terceira aula, detalhando o plano da aula 3 com as características sobre a aula.

Quadro 6 - Plano da aula 3.

Tema - Roda de conversa, funcionamento do transistor e aplicações	
I - Conteúdo	Experimento de Oersted, campo magnético, transistor, Lei de Ampère e Lei de Faraday.
II - Objetivo Geral	• Retomada de conceitos; • Identificar as observações e experiências obtidas pelos alunos durante os experimentos da aula anterior; • Compreensão do funcionamento do transistor e demais componentes eletrônicos;
III - Objetivos específicos	• Escutar as experiências dos alunos através da roda de conversa; • Obter um relato das observações dos alunos sobre os experimentos da aula anterior; • Revisão do conteúdo associando corretamente o que foi observado com os conceitos, de acordo com as experiências dos alunos e com auxílio de um simulador computacional.
IV - Desenvolvimento da aula	• Roda de conversa sobre as observações realizadas; • Realização dos experimentos da aula anterior com novas observações de toda a turma; • Realização de atividade experimental no simulador; • Abordagem sobre o funcionamento de um transistor como chave eletrônica.
V - Recursos didáticos	• Lousa e giz; • Experimentos; • Simulador; • Tv.
VI - Avaliação	Avaliação diagnóstica.

Fonte: a autora.

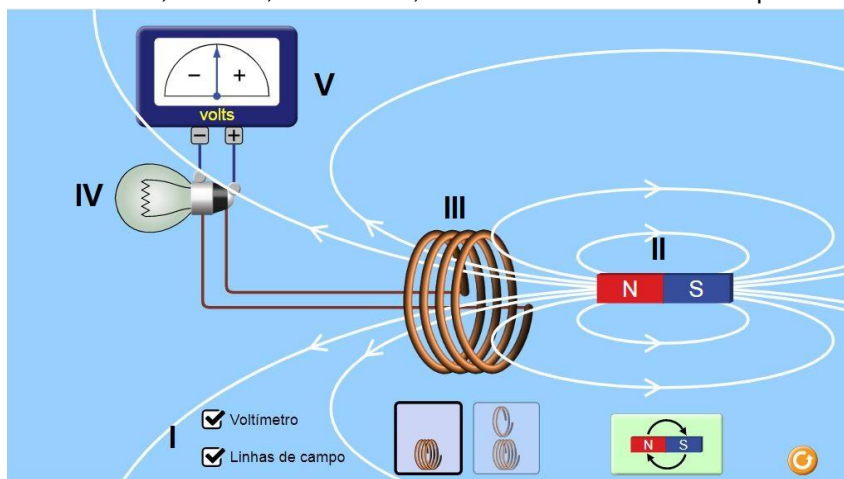
Nesta aula será realizada uma revisão sobre alguns conceitos vistos nos experimentos. Revisando o experimento de Oersted, a Lei de Ampère e a Lei de Faraday.

O professor(a) deve chamar a atenção dos alunos para o que foi observado em cada etapa dos experimentos, relacionando essas observações com as leis e conceitos a serem retomados. Demonstrando os experimentos e discutindo o que cada grupo havia observado e relatado na aula anterior.

O questionário aplicado na aula anterior (APÊNDICE I atividade A2) deverá ser analisado antes da aula 3, para que o professor (a) leve em consideração as respostas dos alunos em cada atividade e, assim, possa buscar suprir as barreiras e deficiências conceituais existentes. Para a correção deste questionário, existem respostas esperadas; sendo assim, para corrigir seguindo os critérios de correção e verificar as respostas obtidas, o professor poderá consultar o Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) com o nome B2: Respostas esperadas para o Questionário Atividade rotação por estações.

Os alunos vão realizar uma prática experimental usando o simulador PhET Colorado Lei de Faraday, representado pela Figura 13, para auxiliar na compreensão dos conteúdos abordados em sala de aula, além dos fenômenos físicos vivenciados anteriormente.

Figura 13 - Captura de tela do simulador PhET Colorado Lei de Faraday, sendo I as opções para selecionar, II o ímã, III a bobina, IV o voltímetro e V uma lâmpada.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/faradays-law>. Acesso em: 04 out. 2023

Com o simulador o aluno poderá selecionar as opções voltímetro e linhas de campo (I) para obter uma melhor visualização do experimento. Em seguida, com o mouse, o ímã (II) pode ser arrastado pela tela aproximando-o e afastando-o da bobina (III). Com isso um questionamento surgirá. Será com o ímã em repouso ou em movimento o mesmo irá acontecer?. Assim, poderão verificar que, com o ímã em

repouso nada acontece com os ponteiros do voltímetro (IV), mas ao mover o ímã, as linhas de campo magnético também se movimentam e com isso o voltímetro (IV) apresenta uma interação indicando a presença de uma tensão elétrica e uma lâmpada (V) varia sua intensidade luminosa.

Durante a aula também será estabelecido um diálogo por meio de uma roda de conversa, com os alunos de forma que possam destacar suas experiências em grupo durante a aula 2.

Em um segundo momento será realizada uma abordagem sobre o funcionamento e as aplicações de transistores de forma que os alunos consigam compreender seu funcionamento como uma chave eletrônica.

SUGESTÃO I - Para trabalhar sobre o que é o transistor, sugere-se que se assista ao vídeo do youtube: “ Aula 15 transistor princípios de funcionamento” de Romulo Albuquerque – com duração: 30min51s, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mUK6UwhY6o0>.

3.4 Aula 4 - Experimento da Lei de Faraday.

No Quadro 7, apresenta-se o esquema sobre a quarta aula, detalhando o plano da aula 4 com as características sobre a aula.

Quadro 7- Plano da aula 4.

Tema - Experimento da Lei de Faraday	
I - Conteúdo	Corrente induzida, força eletromotriz e Lei de Faraday.
II - Objetivo Geral	• Construir o conhecimento dos alunos através da observação e manipulação; • Observar o fenômeno de indução eletromagnética.
III - Objetivos específicos	Experimento: • Verificar que o fenômeno de indução eletromagnética que ocorre a distância quando um circuito gerador provoca a variação de um campo magnético e assim, gerar corrente induzida em uma bobina receptora.

Continua...

	• Realizar medidas de corrente induzida pela distância e construção de gráficos; • Compreender a Lei de indução eletromagnética ou Lei de Faraday; • Analisar os resultados obtidos interpretando o processo de indução e a relação da distância entre as bobinas.
IV - Desenvolvimento da aula	• Realização do experimento da Lei de Faraday; • Aplicação de questionário de dados experimentais; • Realização de medidas experimentais; • Construção de gráfico e análise de dados.
V - Recursos didáticos	• Experimento; • Lousa e giz; • Questionário impresso; • Tv.
VI - Avaliação	Avaliação diagnóstica e formativa.

Fonte: a autora.

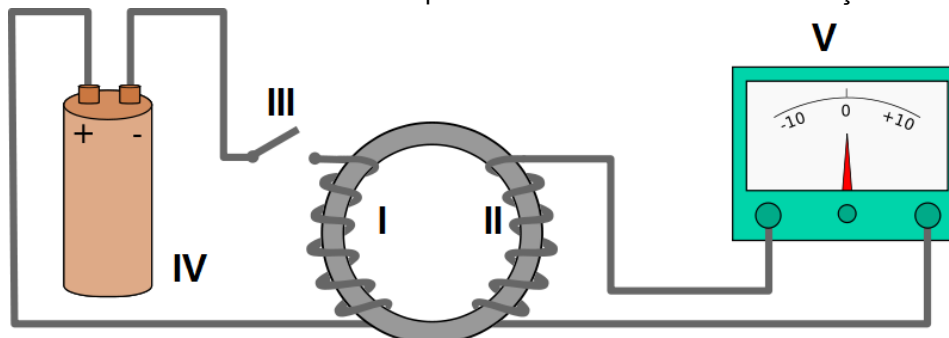
A aula em questão tem como foco principal o experimento de geração de energia à distância. Nela, os alunos terão contato direto com o experimento e o realizarão em grupos, observando e medindo a variação da corrente induzida em função da distância entre as bobinas.

3.4.1 Experimento da Lei de Faraday

Imagina-se um experimento que está relacionado com a lei de indução de Faraday, contendo duas bobinas condutoras (I e II) estando próximas, sem contato físico, e dois circuitos separados como o da Figura 14. Ao acionar a chave III, permite-se que a corrente proveniente da pilha IV passe pela bobina I, e assim o amperímetro V apresenta por um instante uma medida de corrente. Ao desligar a chave III, também verifica-se uma medida de corrente no amperímetro no sentido oposto. Ao manter a chave ligada por um tempo maior, sendo constante o amperímetro, não irá medir nenhuma corrente. Assim, observa-se que há uma força eletromotriz induzida quando a corrente na bobina I está aumentando e diminuindo,

portanto variando, e quando ela é constante isso não ocorre (HALLIDAY; RESNICK, 2016).

Figura 14 - Desenho ilustrativo de um experimento relacionado à lei de indução de Faraday.



Fonte: adaptado de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2a/Faraday_emf_experiment.svg/1920px-Faraday_emf_experiment.svg.png. Acesso em: 07 out. 2023.

Verifica-se, com o experimento da Figura 14, que surge uma força eletromotriz induzida quando a corrente está variando na bobina, e que é possível variar a corrente elétrica ligando e desligando o circuito. Desta forma, no experimento a seguir, busca-se uma alternativa para variar a corrente elétrica e, assim, gerar uma corrente induzida. Para isso, será utilizado um transistor do tipo NPN (KSP2222A), representado na Figura 15.

O transistor é um dispositivo de três terminais que tem como função controlar os sinais elétricos, podendo ser usado para amplificação e chaveamento. Segundo Rezende (2015, p.183), “um sinal variável aplicado a dois terminais de entrada controla eletronicamente o sinal nos dois terminais de saída, sendo um deles comum com a entrada”. Assim, o sinal de entrada é capaz de chavear o circuito, alternando entre um estado com corrente, e o outro sem corrente ou de amplificar o sinal de saída. Existe o transistor bipolar possui três camadas de dopagem presentes no mesmo semicondutor, chamadas de emissor (E), base (B) e coletor (C). Eles são divididos em NPN e PNP (REZENDE,2015).

Figura 15 - Transistor NPN (KSP2222A).



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Materiais utilizados

- Bobina geradora, fio de cobre 1 mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm);
- Uma protoboard;
- Um transistor NPN (KSP2222A);
- Um suporte para pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5 V AA;
- Bobina receptora, fio de cobre 1mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm) com LED verde;
- Bobina receptora, fio de cobre 0,3mm enrolado (10 espiras de raio 2,6 cm) com LED vermelho e com extremidades soltas;
- Multímetro;
- Suporte de madeira (12,5 x 3,5 x 6,0 cm);
- Plataforma de madeira (20,0 x 1,2 x 13,0 cm);
- Duas réguas (15 cm);
- Dois parafusos auto atarraxante (3,5 x 30 mm);
- Cola de madeira;
- Fita isolante preta;
- Uma mini Protoboard;
- Alguns cabos *jumpers* (ou fios conectores de 1 mm).
- Dois cabos de ponta de prova.

Descrição do experimental

Foi construído um experimento didático capaz de gerar uma corrente induzida em uma bobina de forma a observar a Lei de Faraday. Sendo assim, será utilizada uma fonte de tensão para gerar corrente elétrica realizando uma transmissão de energia sem fio.

O experimento é constituído de uma bobina geradora, que conectada a uma fonte de corrente contínua gera um campo magnético, neste circuito será utilizado um transistor NPN, que funcionará como uma chave eletrônica. Fazendo com que o fluxo magnético criado pela bobina geradora varie no tempo.

Sendo assim, o campo magnético variável interage com uma bobina receptora, gerando uma corrente induzida, que por sua vez, também gera uma fem (força eletromotriz), fazendo com que o LED acenda.

Este fenômeno é chamado de indução eletromagnética, o qual é descrito pela Lei de Faraday. Assim, será possível observar uma corrente induzida na outra bobina e o que ocorre conforme a distância entre as duas bobinas é variada. Para medir essa corrente induzida, um amperímetro será conectado em série com a bobina receptora. Para identificar a influência do campo magnético com a distância entre as bobinas foi construída uma plataforma de madeira com régua fixa, de forma que seja possível variar a distância da bobina receptora e da bobina geradora. Dessa forma, é possível realizar medidas de distância e da corrente induzida, através do amperímetro.

Montagem experimental

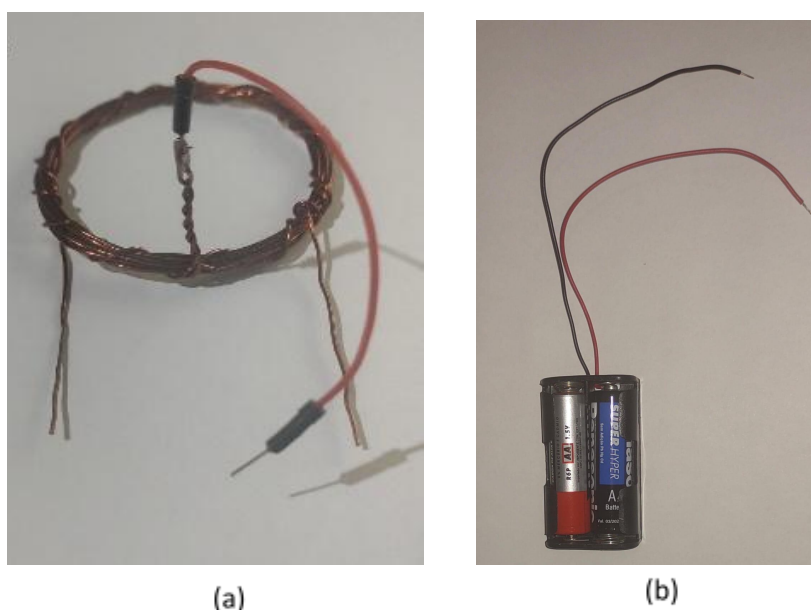
A montagem experimental possui etapas como a construção do circuito gerador, e o circuito receptor. A seguir, apresenta-se como estes circuitos foram construídos.

Circuito gerador

Neste circuito, utiliza-se um transistor do tipo NPN (KSP2222A) (Figura 15). cujos terminais são: 1 é o emissor, 2 é a base e 3 o coletor. Há uma bobina de fio de cobre enrolado de espessura 1mm com 10 espiras e duas extremidades livres. Uma

de suas espiras foi levemente esticada, ficando maior que as demais e podendo ser enrolada e uma parte uma parte do fio foi lixada para que um *jumper* pudesse ser soldado nessa região (no meio do fio), conforme observado na Figura 16 (a), criando assim três pontos de conexão. O circuito inclui ainda uma fonte de tensão contínua, com duas pilhas de 1,5V em um suporte (Figura 16 (b)).

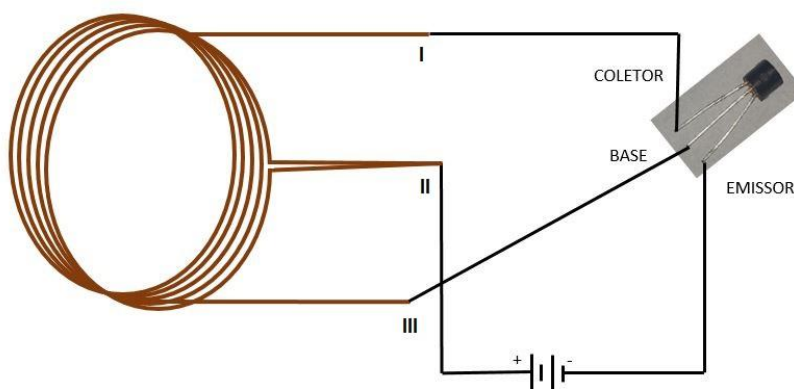
Figura 16 - (a) Bobina geradora com as duas extremidades livres e um jumper soldado no meio de uma espira que foi esticada, deixando sobre parte do fio; (b) Fonte de tensão suporte com duas pilhas de 1,5 V).



Fonte: arquivos da autora, 2023.

O esquema da montagem do circuito está representado na Figura 17, onde a bobina geradora precisa ser conectada a uma fonte de corrente contínua e a um transistor NPN que funcionará como chave eletrônica para gerar um campo magnético que varia no tempo. O mesmo circuito pode ser construído utilizando um outro transistor diferente do que foi apresentado na Figura 15, desde que o mesmo também seja NPN, caso queira utilizar um transistor PNP o circuito da Figura 17 deverá ser reformulado devido a polaridade ser invertida. Importante também ressaltar que caso pretenda-se utilizar um outro transistor NPN é necessário realizar uma busca para identificar qual terminal é o emissor a base e o coletor para que seja conectado corretamente de acordo com o que está indicado pela Figura 17, pois, isso pode variar de um para o outro.

Figura 17 - Desenho ilustrativo da montagem do circuito gerador.

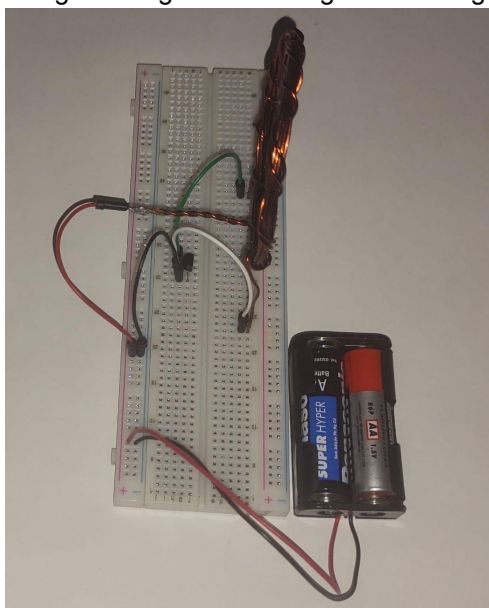


Fonte: a autora (baseado em EL-PRO-CUS- electronics, projects, focus; Wireless Power Transfer Circuit and Its Working; <https://www.elprocus.com/wireless-power-transfer-circuit-and-working/>, acesso em 05/11/2023).

Seguindo a montagem representada pela Figura 17 para realizar as ligações do circuito da Figura 18, foram utilizados vários *jumpers*. O transistor e a bobina foram conectados na *protoboard*, onde os terminais 2 e 3 do transistor foram conectados nas duas extremidades soltas I e III da bobina. O terminal 1 (emissor) do transistor foi conectado ao negativo da fonte de tensão, já o positivo da fonte está conectado ao *jumper* soldado no meio da bobina (II).

Neste circuito as ligações podem ser realizadas também por qualquer fio conector de 1 mm, contudo, os *jumpers* são utilizados para auxiliar a fixar na *protoboard*.

Figura 18 - Imagem fotográfica montagem circuito gerador.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Circuito Receptor

Foram construídos dois circuitos receptores. Uma bobina receptora foi feita com fio de cobre, tendo um LED de alto brilho verde soldado às suas extremidades, conforme representado na Figura 19.

Figura 19 - Imagem fotográfica bobina receptora.



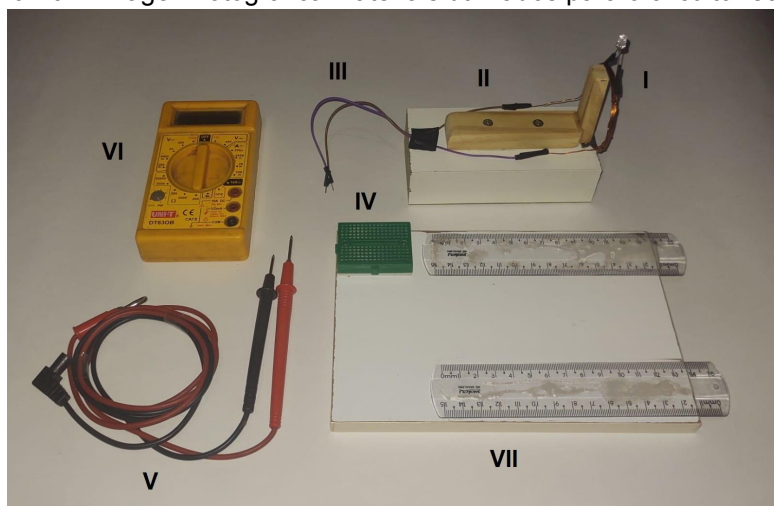
Fonte: arquivo da autora, 2023.

Contudo, esta bobina receptora não permite medir a quantidade de corrente induzida de acordo com a distância entre as bobinas, então foi construído um circuito com outra bobina receptora e para isso foram utilizados os seguintes materiais representados na Figura 10. Primeiramente foi construída uma bobina receptora (I) com fio de cobre 0,3mm formando 10 espiras, com extremidades soltas e que o fio de uma de suas espiras foi cortado para que um LED alto brilho de cor vermelha seja soldado em cada ponta. Para que a bobina fique na posição vertical foi construído um suporte de madeira (II) com toda estrutura necessária, parafusado e colado mantendo a bobina sempre fixa na posição vertical. Nas extremidades soltas desta bobina receptora foram conectados dois *jumpers* (III) para que possam ser conectados a uma mini *protoboard* (IV) e assim utilizando os cabos ponta de prova (V) todo circuito possa ser ligado em série com um multímetro (VI).

O suporte de madeira (II) deve ser posicionado sobre uma plataforma de madeira (VII) que em sua superfície encontram-se coladas duas réguas de 15 cm tendo uma distância de 6 cm uma da outra e as suas pontas encontram-se aproximadamente 1,2 cm para fora da plataforma (para melhorar a medida da

distância entre as bobinas). Então o suporte deverá ficar encaixado entre as duas réguas possibilitando que ele deslize e assim varie a distância da bobina. Com uma fita isolante preta todas as conexões foram isoladas.

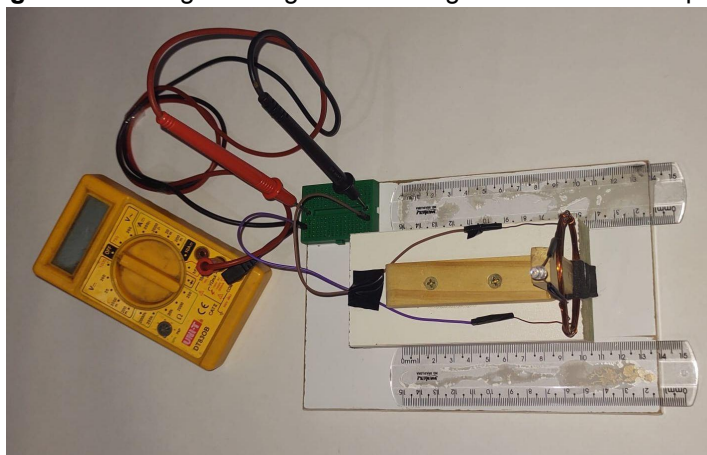
Figura 20 - Imagem fotográfica materiais utilizados para o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Assim, a montagem completa da bobina receptora descrita acima encontra-se ilustrada na Figura 21 a seguir.

Figura 21 - Imagem fotográfica montagem do circuito receptor.

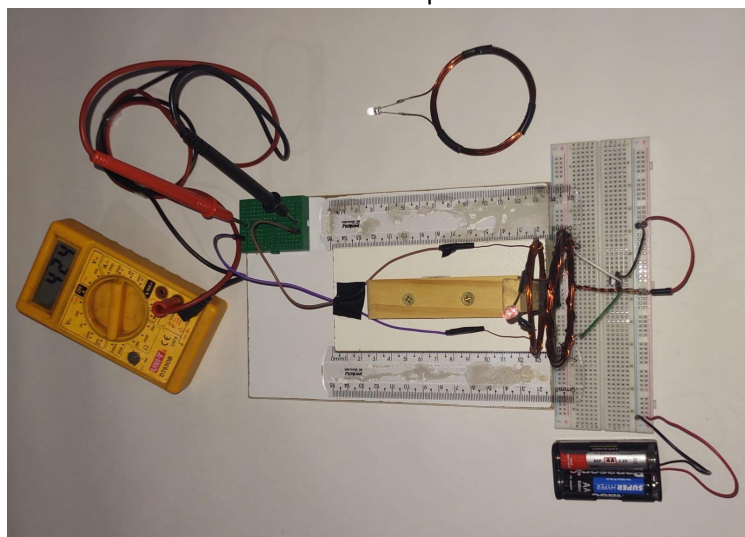


Fonte: arquivo da autora, 2023.

A montagem completa do experimento precisa que os dois circuitos estejam próximos. Desta forma a *protoboard* do circuito gerador deve ser colocada embaixo dos pedaços de régua que sobraram da plataforma do circuito receptor de forma que

as bobinas fiquem bem alinhadas como na Figura 22. Em seguida as medidas podem ser realizadas.

Figura 22 - Imagem fotográfica montagem completa do experimento com o circuito gerador e o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Para realizar o experimento os alunos vão formar grupos e realizar os passos propostos pelo material de apoio, eles devem realizar as medições de corrente (i) e distância (d) e construir um gráfico com a média dessas medidas e responderão ao questionário. Todo esse material pode ser encontrado no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) intitulado A3: Questionário Experimento da Lei de Faraday. Para as questões deste questionário, existem respostas esperadas, sendo assim, para corrigir seguindo os critérios de correção e verificar as respostas obtidas, o professor poderá consultar o Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) com o nome B3: Respostas esperadas para o Questionário Experimento da Lei de Faraday.

Medidas realizadas

Os resultados coletados na realização do experimento, encontram-se na Tabela 1 onde foram realizados o experimento 3 vezes para melhor observar o fenômeno.

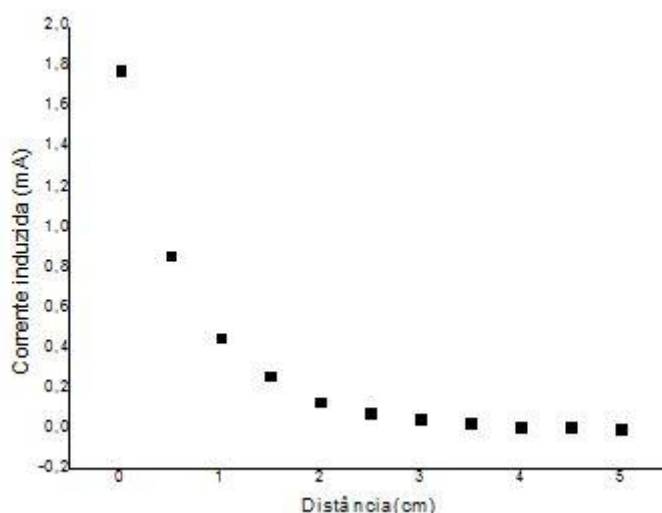
Tabela 1 - Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i) realizadas.

Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$	Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$	Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$	Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$
0,0	1,73	1,83	1,79
0,5	0,75	1,00	0,84
1,0	0,41	0,39	0,57
1,5	0,28	0,23	0,27
2,0	0,18	0,11	0,09
2,5	0,11	0,06	0,06
3,0	0,07	0,04	0,04
3,5	0,04	0,02	0,03
4,0	0,02	0,01	0,01
4,5	0,01	0,00	0,01
5,0	0,00	0,00	0,00

Fonte: a autora.

Em seguida, calculou-se a média das medidas de corrente para a construção do Gráfico 1, que relaciona os valores da corrente induzida (i) com a distância (d) entre as bobinas.

Gráfico 1 - Corrente induzida por distância.



Fonte: a autora, construído no programa OriginPro 8, 2023.

Como indica o Gráfico 1, verifica-se que quanto menor for a distância entre as bobinas, maior será a corrente induzida nela. Portanto, a indução é inversamente proporcional à distância entre elas. Contudo, essa relação não é linear.

3.5 Aula 5 - Associação de conceitos da Lei de Faraday e aplicações.

No Quadro 8, apresenta-se o esquema da quinta aula, detalhando o plano da aula 5 com suas respectivas características.

Quadro 8 - Plano da aula 5

Tema - Associação de conceitos da Lei de Faraday e aplicações	
I - Conteúdo	Lei de Faraday, funcionamento de motores, carregador por indução e fogão por indução.
II - Objetivo Geral	• Revisar os conceitos e da Lei de Faraday; • Associar os conceitos com as aplicações;
III - Objetivos específicos	• Compreender o funcionamento de motores, do carregador por indução e do fogão por indução.
IV - Desenvolvimento da aula	• Revisão de conceitos; • Contextualização por vídeos e imagens sobre o funcionamento de motores, do carregador por indução e do fogão por indução. • Aplicação de questionário organizador de ideias.
V - Recursos didáticos	• Lousa e giz; • TV; • Questionário impresso.
VI - Avaliação	Avaliação diagnóstica e formativa.

Fonte: a autora.

Nesta aula será realizada uma abordagem de todos aspectos observados referente à Lei de Faraday. Em seguida, uma abordagem sobre as aplicações desse fenômeno, levantando hipóteses e tentando explicá-los. A fim de compreender o funcionamento de motores, do fogão por indução e do carregador por indução. A contextualização ocorrerá através de vídeos e imagens ilustrativas e será norteadas pelo professor(a) com foco em todo conteúdo já estudado e um olhar questionador acerca dos exemplos do cotidiano, a fim de buscar uma compreensão maior de algumas tecnologias existentes.

SUGESTÃO II - Para trabalhar sobre o carregador do celular por indução pode-se utilizar o seguinte vídeo do youtube: “ Como um Carregador Sem Fio Funciona e Como Ele Pode se Tornar Ainda Melhor” – de duração: 10min10s, disponível em:<https://www.youtube.com/watch?v=jIxaYFmeltg>.

SUGESTÃO III - Para trabalhar sobre o funcionamento do motor de indução pode-se utilizar o seguinte vídeo do youtube: “ Como funciona o motor por indução?” - de duração: 7min59s, disponível em:https://www.youtube.com/watch?v=AaotM_xbemU.

Por último, será aplicado um questionário organizador, em que o aluno(a) escreverá sobre o que compreendeu sobre o funcionamento dos motores do carregador por indução e do fogão por indução. Também opinará sobre as aulas e as metodologias aplicadas. Assim, os alunos vão responder às cinco perguntas que podem ser encontradas no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o título A4: Questionário de organização de pensamento. Para este questionário, existem respostas esperadas para algumas perguntas, sendo assim, para corrigir seguindo os critérios de correção e verificar as respostas obtidas, o professor poderá consultar o Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) intitulado B4: Respostas esperadas para o Questionário de organização de pensamento. Contudo, as duas últimas perguntas são pessoais e por este motivo, não podem ser classificadas seguindo os critérios de correção.

3.6 Aula 6 - Atividade questões objetivas e aplicação do questionário diagnóstico final.

No Quadro 9, apresenta-se o esquema da sexta aula, detalhando o plano da aula 6 com suas respectivas características.

Quadro 9 - Plano da aula 6.

Tema - Atividade questões objetivas e aplicação do questionário diagnóstico final.	
I - Conteúdo	Corrente elétrica, campo magnético, circuitos; corrente induzida, indução eletromagnética, Lei de Ampère, força eletromotriz e Lei de Faraday.
II - Objetivo Geral	• Compreender aplicações da indução eletromagnética; • Diagnosticar as compreensões dos alunos sobre a Lei de Faraday e alguns conceitos relacionados;
III - Objetivos específicos	Questionário exercícios: • Relacionar conceitos com aplicações; • Verificar a capacidade de identificar conceitos e aplicações em problemas trazidos por exercícios. Questionário diagnóstico: • Diagnósticas concepções buscando comparar a compreensão dos conceitos com o decorrer da SD; • Identificar possíveis avanços na compreensão da Lei de Faraday, nas maneiras possíveis de criar campo magnético, na relação existente entre corrente elétrica e campo magnético, no que pode ocorrer ao variar campo magnético, na indução eletromagnética suas aplicações e sua relação com a distância e também a possibilidade de existência de carga magnética.
IV - Desenvolvimento da aula	• Revisão de conceitos; • Aplicação do exercícios (individual); • Roda de conversa sobre o funcionamento do dínamo; • Aplicação do questionário diagnóstico (individual);
V - Recursos didáticos	• Lousa e giz; • Questionário impresso; • Tv.
VI - Avaliação	Avaliação diagnóstica e formativa.

Fonte: a autora.

A sexta e última aula desta sequência didática, será o momento de verificar o que os alunos conseguiram absorver sobre o conteúdo, portanto, será destinada a aplicação de uma atividade com questões objetivas acerca dos assuntos estudados. Os alunos vão responder às questões que podem ser encontradas no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) intitulado A5: Questionário questões objetivas. Para correção desta atividade, o professor poderá utilizar o Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) nomeado como B5: Respostas e comentário sobre Questionário questões objetivas.

Ao final da aula, o questionário deve ser entregue ao professor e em seguida os alunos vão realizar uma roda de conversa onde apresentarão suas respostas buscando identificar as justificativas para suas respostas.

Na sequência, será aplicada uma avaliação individual, por meio de um questionário contendo novamente as 7 perguntas realizadas na aula 1. Este questionário pode ser encontrado no Apêndice I (Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados) e possui o título "A6: Questionário Avaliativo final".

As respostas dos alunos servirão como material para buscar identificar se houve uma aprendizagem significativa ou uma melhor compreensão de determinados conceitos. O questionário possui respostas esperadas semelhantes às do Apêndice I atividade A1 que já foi citada acima na aula 1 e que podem ser encontradas no Apêndice II (Material do Professor: Questionários com respostas esperadas) e possui o nome B6: Respostas esperadas para o Questionário Avaliativo final.

4 Considerações finais

O presente Produto Educacional busca identificar os conceitos prévios dos alunos para, posteriormente, identificar a construção do conhecimento e se ocorreu uma melhora significativa.

A todo momento, o professor precisa analisar as respostas dos alunos para identificar o que foi alcançado e auxiliar na organização de suas ideias e observações, integrando-as aos conceitos físicos.

Segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, são necessárias duas condições para ocorrer a aprendizagem significativa: o aluno deve apresentar uma predisposição a aprender, e o material de aprendizagem deve ser significativo à ele.

A SD apresentada foi pensada e elaborada para acrescentar uma contextualização, buscando uma maior aproximação do cotidiano do aluno e aguçar o interesse deles. Possui também um caráter experimental com metodologia que torna o aluno mais ativo no processo de aprendizagem.

Assim, a SD configura-se como um bom material alternativo para trabalhar a Lei de Faraday, pois busca construir todos os conceitos e os experimentos permitem ao aluno discutir e observar os fenômenos acontecendo. Além disso, as rodas de conversa podem permitir aos professores observar como o conceito está sendo assimilado pelos alunos.

Referências Bibliográficas

BRASIL. *Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018, p. 559-560.

BONJORNO, J. R; et all. *Eletromagnetismo física moderna*. v. 3. 3. ed. São Paulo, Ed. FTD, p.145-174, 2016.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, p. 41-51, 2007.

HALLIDAY, D.; RESNICK R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. v.3. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. v.3. 10.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Editora UnB. Brasília, 2006.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? *Revista cultural La Laguna*, Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2023.

OSTERMANN, F; CAVALCANTI, C. J. H. *Teorias de aprendizagem*. Porto Alegre: UFRGS, 2011. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/sead/wp-content/uploads/2021/10/Teorias_de_Aprendizagem.pdf> Acesso em: 23 out. 2024.

RAMALHO JR, F; IVAN J., C.S.; NICOLAU, G. F.; e TOLEDO S., P. A. *Os Fundamentos da Física*. v. 3. 9. ed. São Paulo: Ed. Moderna, p. 279-281, 2007.

REZENDE, S, M. *Materiais e Dispositivos Eletrônicos*. 4. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

SANTIAGO, A, J.; MACHADO, A, F.; SILVA, C,E.; PINHEIRO, L.; TAVARES JR, A, D. Construindo um motor elétrico de corrente contínua como aprendizagem ativa da Lei de Faraday. *Revista do Professor de Física*, Brasília, v. 2, n. 2, p.17 2018.

ZABALA, Antonio. *A prática educativa: como ensinar*. Tradução de Ernani F. da F. Rosa. Reimpressão. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 2010.

Apêndice I - Material do Aluno(a): Instrumento de coleta de dados

A finalidade deste Apêndice é oferecer um material de apoio ao aluno(a) contendo os passos a serem realizados nos experimentos e os questionários propostos pela Sequência Didática.

MATERIAL DO ALUNO(A): INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Este material de apoio ao aluno(a), contém os questionários propostos na Sequência Didática desenvolvida no Produto Educacional intitulado “MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”. Este material faz parte da dissertação: “EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR.

Autores:

Rafaela Garbin da Silva

Paulo Ricardo Garcia Fernandes

A1: Questionário diagnóstico preliminar

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: _____

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?
Explique:

R: _____

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.

R: _____

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: _____

5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: _____

6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: _____

7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: _____

A2: Questionário Atividade rotação por estações

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

Estação 1: Faça como Oersted

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Pegue o ímã em sua mão e passe próximo da bússola (sem encostar). Verifique o que aconteceu.

Passo 2: Afaste bem o ímã, pegue o fio de cobre enrolado (desconectado) passe sobre a bússola, depois verifique se algo acontece.

Passo 3: Conecte o fio de cobre na mini *protoboard* em série com as pilhas formando um circuito elétrico, passe-o próximo da bússola e verifique se algo acontece (Atenção não deixe o circuito conectado por muito mais do que 1 minuto para manter as pilhas em seu bom funcionamento).

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que você observa com o ponteiro da bússola ao passar o ímã e o circuito elétrico próximo a ela?

R: _____

- 2) Qual a relação existente entre o ímã e o circuito elétrico? O que você pode concluir com este experimento?

R: _____

Estação 2: Motor elétrico

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte a bateria de 9V em série com os dois cliques, coloque os ímãs no centro do suporte de madeira, o fio enrolado (bobina) suspenso pelos dois cliques alinhado com o centro dos ímãs. Dê um pequeno impulso com o dedo na bobina de forma que comece a girar (se necessário repita este impulso algumas vezes até verificar que a bobina e os ímãs estão alinhados corretamente). Verifique o que acontece.

Passo 2: Retire e afaste os ímãs e veja o que ocorre.

Passo 3: Faça o mesmo com o circuito desconectado da bateria 9V.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que acontece quando giramos a bobina com o circuito ligado e com os ímãs abaixo dela? Tente explicar por qual motivo isso está acontecendo.

R: _____

- 2) Segundo o que foi observado, explique qual a relação entre o circuito elétrico e os ímãs que estão abaixo dele?

R: _____

- 3) Você acredita que corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético? Se sim, será que o oposto também funciona, ou seja, o campo magnético seria capaz de gerar corrente elétrica? Justifique sua resposta.

R: _____

Estação 3: Gerando corrente induzida.

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte o multímetro na mini *protoboard* (na escala de mA, para medir corrente contínua) em série com o fio enrolado.

Passo 2: Segure a seringa com os ímãs em repouso e observe o multímetro.

Passo 3: Chacoalhe a seringa, de forma que os ímãs fiquem balançando dentro dela, variando assim a posição e observe o que ocorre com o multímetro durante o processo.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Com os ímãs parados, o que se observa no multímetro? E com os ímãs em movimento, o que foi observado?

R: _____

- 2) Ao variar a posição dos ímãs, o que acredita que acontece com o campo magnético? Explique.

R: _____

- 3) Campo magnético é capaz de gerar corrente elétrica? Tente explicar como isso pode ocorrer.

R: _____

A3: Questionário Experimento da Lei de Faraday

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

Experimento transmissor de energia à distância

Passo 1: Com o multímetro para medir corrente (escala de 20mA) conecte-o em série nos terminais da mini protoboard.

Passo 2: Ligue o circuito gerador conectado a fonte de tensão (suporte com duas pilhas de 1,5V AA). Observe que a bobina receptora pode mover-se.

Passo 3: Aproxime e afaste-a da bobina geradora e veja o que acontece.

Passo 4: Coloque a bobina receptora a uma distância de 0,0 cm da outra (medida observada nas réguas), aumente a distância de 0,5 cm afastando a bobina receptora da bobina geradora e anote a medida da corrente induzida (multímetro) de acordo com as distâncias na Tabela 1.

TABELA 1: Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i);

Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$	Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$	Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$	Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$
0,0			
0,5			
1,0			
1,5			
2,0			
2,5			
3,0			
3,5			
4,0			
4,5			
5,0			

Com as medidas realizadas, calcule a média dos valores de corrente i e construa um gráfico da corrente i pela distância d .

Em seguida responda às seguintes questões:

- 1) A distância influencia na corrente induzida? Qual a relação do campo magnético com a distância entre as bobinas?

R: _____

- 2) Qual interpretação você conseguiu concluir do gráfico construído? A relação do campo magnético com a distância é uma relação diretamente proporcional?

R: _____

- 3) De acordo com o que estudamos sobre o Transistor. Explique qual o papel dele no circuito. Diga se sem ele seria capaz de gerar a corrente induzida no experimento realizado?

R: _____

- 4) Tente descrever passo a passo do funcionamento do experimento, utilizando todos os conhecimentos adquiridos sobre o assunto:

R: _____

A4: Questionário de organização de pensamento

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

Atividade organizando o pensamento

De acordo com todos os conceitos estudados durante essa sequência didática responda às seguintes questões:

- 1) De acordo com tudo o que foi estudado em nossas aulas, tente explicar com suas palavras o que é a Lei de Faraday.

R: _____

- 2) Tente explicar como funciona um motor elétrico e qual o princípio presente em seu processo de transformação de energia.

R: _____

- 3) O fogão e o carregador de celular por indução são algumas das tecnologias que existem hoje em dia. Explique como acredita que o fogão é capaz de aquecer nossa comida? E como esse tipo de carregador é capaz de carregar nossos equipamentos eletrônicos?

R: _____

- 4) Acredita que os experimentos que você realizou em sala auxiliaram na compreensão do conteúdo? Aponte o principal motivo que te levou a esta resposta.

R: _____

- 5) Acredita que as metodologias utilizadas nas aulas, como os experimentos e rodas de conversa, trouxeram uma maior motivação em seus estudos? Se não, explique qual motivo. Se sim, diga qual momento mais te motivou.

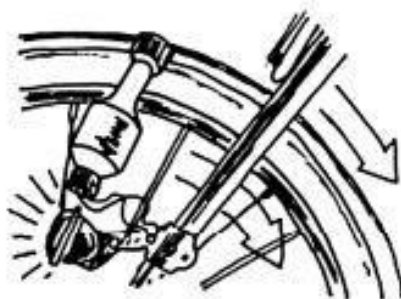
R: _____

A5: Questionário questões objetivas

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

- 1) (ENEM/2010) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador encontram-se um ímã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

O princípio do funcionamento deste equipamento é explicado pelo fato de que a

- A) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- B) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- C) bobina em atrito com o campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- D) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético
- E) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

Fonte: Exercício número 80 ENEM 2010, 1º Dia – Caderno 4 – Rosa – Reaplicação/PPL

https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2010/2010_PV_reaplicacao_PPL_D1_CD4.pdf

Acesso em 10/10/2023.

- 2) (UCS) Um dos fornos mais utilizados em indústrias é o chamado forno de indução. Seu princípio de funcionamento está baseado na lei de Faraday, ou seja,
- A) temperatura homogênea no espaço vazio gera corrente elétrica.
 - B) fluxo magnético variando no tempo gera força eletromotriz induzida.
 - C) luz que varia de intensidade no espaço vazio gera condução térmica constante.
 - D) corrente elétrica constante em um condutor gera ponto de fusão variante no tempo.
 - E) pressão que varia sobre uma área gera convecção constante.

Fonte: Exercício número 1- <https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/exercicios/11-87>. Acesso em 10/10/2023.

- 3) (ENEM/2023) O fogão por indução funciona a partir do surgimento de uma corrente elétrica induzida no fundo da panela, com consequente transformação de energia elétrica em calor por efeito Joule. A principal vantagem desses fogões é a eficiência energética, que é substancialmente maior que a dos fogões convencionais.
- A corrente elétrica mencionada é induzida por
- A) radiação.
 - B) condução.
 - C) campo elétrico variável.
 - D) campo magnético variável.
 - E) ressonância eletromagnética.

Fonte: Exercício número 101 ENEM 2023, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo
https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2023_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

- 4) (ENEM/2020) Em uma usina geradora de energia elétrica, seja através de uma queda d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma diferença de potencial em seus terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas. Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do(a)
- A) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
 - B) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
 - C) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
 - D) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
 - E) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

Fonte: Exercício número 130 ENEM 2020, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo

https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2020_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

A6: Questionário Avaliativo final

ESCOLA: _____ TURMA: _____

NOME: _____

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: _____

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?
Explique:

R: _____

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético?
Justifique sua resposta.

R: _____

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: _____

- 5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: _____

- 6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: _____

- 7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: _____

Apêndice II - Material do Professor: Questionários com respostas esperadas

A finalidade deste Apêndice é oferecer um material de apoio ao professor(a) com as devidas respostas esperadas, para cada uma das questões dos questionários pertencentes à Sequência Didática, além de alguns comentários sobre o que se espera que os alunos observam e compreendam em alguns passos realizados nos experimentos.

MATERIAL DO PROFESSOR: QUESTIONÁRIOS COM RESPOSTAS ESPERADAS

Este material de apoio ao professor(a), contém as respostas esperadas para as questões dos questionários propostos na Sequência Didática desenvolvida no Produto Educacional intitulado “MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”. Este material faz parte da dissertação: “EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR.

Autores:

Rafaela Garbin da Silva

Paulo Ricardo Garcia Fernandes

B1: Respostas esperadas para o Questionário diagnóstico preliminar

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: **A presença de dipolos magnéticos, como no caso do ímã e cargas elétricas em movimento.**

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético?
Explique:

R: **Sim, a corrente elétrica produz a sua volta um campo magnético que é proporcional a sua intensidade.**

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.

R: **O campo magnético ao variar pode induzir uma força eletromotriz que estabelece uma corrente elétrica.**

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: **Um fenômeno relacionado ao surgimento de uma corrente elétrica em um condutor exposto a uma variação de campo magnético.**

- 5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: **O processo de indução eletromagnética aplica-se em geradores, motores, carregador por indução e fogão por indução. Para produzir corrente elétrica a distância.**

- 6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: **As linhas de campo magnético de um corpo ficam menos intensas quando nos afastamos deste corpo.**

- 7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: **Não existem monopolos magnéticos na natureza.**

B2: Respostas esperadas para o Questionário Atividade rotação por estações

Estação 1: Faça como Oersted

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Pegue o ímã em sua mão e passe próximo da bússola (sem encostar). Verifique o que aconteceu.

Espera-se que o aluno verifique que a presença do ímã próximo à bússola faz com que o ponteiro dela varie, devido ao campo magnético ímã que interage com o campo magnético do ponteiro.

Passo 2: Afaste bem o ímã, pegue o fio de cobre enrolado (desconectado) passe sobre a bússola, depois verifique se algo acontece.

Espera-se que o aluno verifique que nenhum movimento diferente acontece no ponteiro da bússola, pois o fio de cobre desconectado de qualquer fonte elétrica não é capaz de produzir campo magnético e fazer o ponteiro da bússola variar sua posição.

Passo 3: Conecte o fio de cobre na mini *protoboard* em série com as pilhas formando um circuito elétrico, passe-o próximo da bússola e verifique se algo acontece (Atenção não deixe o circuito conectado por muito mais do que 1 minuto para manter as pilhas em seu bom funcionamento).

Espera-se que o aluno verifique que ao conectar o fio a uma mini *protoboard* e às pilhas forma-se um circuito elétrico e, com a aproximação da bússola verifica-se que ocorre uma deflexão do ponteiro devido ao campo magnético proveniente do circuito elétrico que interage com o ponteiro da bússola imantada.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que você observa com o ponteiro da bússola ao passar o ímã e o circuito elétrico próximo a ela?

R: Ambos fazem o ponteiro da bússola variar devido ao seu campo magnético que interage com o campo magnético do ponteiro.

- 2) Qual a relação existente entre o ímã e o circuito elétrico? O que você pode concluir com este experimento?

R: O ímã e o circuito possuem campo magnético. Pode-se concluir que corrente elétrica em um condutor pode gerar campo magnético como o de um ímã.

Estação 2: Motor elétrico

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte a bateria de 9V em série com os dois cliques, coloque os ímãs no centro do suporte de madeira, o fio enrolado (bobina) suspenso pelos dois cliques alinhado com o centro dos ímãs e dê um pequeno impulso com o dedo na bobina de forma que comece a girar (se necessário repita este impulso algumas vezes até verificar que a bobina e os ímãs estão alinhados corretamente). Verifique o que acontece.

Espera-se que os alunos verifiquem que após o impulso, a bobina continuará girando em torno do seu próprio eixo, sempre para um mesmo sentido. Pode ocorrer de não estar tão alinhado com o centro do ímã e assim parar de girar, portanto se for necessário o aluno deverá repetir até que tudo esteja alinhado e a bobina continue sempre girando.

Passo 2: Retire e afaste os ímãs e veja o que ocorre.

Espera-se que verifiquem que após a retirada dos ímãs, a bobina não continuará girando repetidamente como no passo 1.

Passo 3: Faça o mesmo com o circuito desconectado da bateria 9V.

Espera-se que verifiquem que se o circuito não estiver ligado a bobina não é capaz de continuar girando após cessado o impulso do dedo.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Descreva o que acontece quando giramos a bobina com o circuito ligado e com os ímãs abaixo dela? Tente explicar por qual motivo isso está acontecendo.

R: A bobina continua girando. Com o circuito ligado a corrente elétrica flui na bobina gerando campo magnético ao seu redor, de acordo com a Lei de Ampère. Devido à proximidade dos ímãs com a bobina ocorre uma interação entre os campos magnéticos existentes, isto é, o campo dos ímãs com aquele gerado na bobina. Dessa interação entre os campos magnéticos resulta uma força resultante sobre a bobina fazendo com que ela gire continuamente parando seu movimento somente quando um dos campos cessar.

- 2) Segundo o que foi observado, explique qual a relação entre o circuito elétrico e os ímãs que estão abaixo dele?

R: Ambos possuem campo magnético.

- 3) Você acredita que corrente elétrica é capaz de gerar campo magnético? Se sim, será que o oposto também funciona ou seja o campo magnético seria capaz de gerar corrente elétrica? Justifique sua resposta.

R: Sim, porém o campo magnético precisa variar no tempo para gerar corrente elétrica.

Estação 3: Gerando corrente induzida.

Realize os seguintes passos:

Passo 1: Conecte o multímetro na mini *protoboard* (na escala de mA, para medir corrente contínua) em série com o fio enrolado.

Neste momento, o multímetro não marcará nenhum valor, mas precisa-se certificar que está na escala correta.

Passo 2: Segure a seringa com os ímãs em repouso e observe o multímetro.

Neste momento, o multímetro não marcará nenhum valor representando que não há nenhuma corrente elétrica passando por ele.

Passo 3: Chacoalhe a seringa, de forma que os ímãs fiquem balançando dentro dela, variando assim a posição e observe o que ocorre com o multímetro durante o processo.

Enquanto o ímã é balançado atravessando as espiras enroladas em volta da seringa, o multímetro é capaz de apresentar valores de corrente elétrica presente no fio. Este valor sempre varia de acordo com a velocidade com que o ímã é balançado lá dentro. Quando o movimento cessar, o multímetro tornará a não identificar a presença da corrente elétrica.

Responda às seguintes questões acerca do que foi observado no experimento:

- 1) Com os ímãs parados, o que se observa no multímetro? E com os ímãs em movimento, o que foi observado?

R: Não apresenta medidas de corrente elétrica enquanto o ímã está parado. Já, ao movimentar o ímã percebe-se que o multímetro apresenta medidas de corrente elétrica.

- 2) Ao variar a posição dos ímãs, o que acredita que acontece com o campo magnético? Explique.

R: Variando a posição do ímã o campo magnético produzido por ele também varia.

- 3) Campo magnético é capaz de gerar corrente elétrica? Tente explicar como isso pode ocorrer.

R: Somente o campo magnético não gera corrente elétrica mas a variação do campo magnético no tempo é capaz de gerar uma corrente induzida.

B3: Respostas esperadas para o Questionário Experimento da Lei de Faraday

Experimento transmissor de energia à distância

Passo 1: Com o multímetro para medir corrente (escala de 20mA) conecte-o em série nos terminais da mini protoboard;

Neste momento, o multímetro não marcará nenhum valor se o outro circuito não estiver totalmente ligado, contudo é necessário começar a montar o experimento para realizar as medidas. Atenção, após terminar de usar deve-se desligar o multímetro corretamente.

Passo 2: Ligue o circuito gerador conectado a fonte de tensão (suporte com duas pilhas de 1,5V AA);

Recomendo evitar ficar com este circuito ligado por muito mais de 1 minuto para que o transistor não sobreaqueça muito. Ao ligar o circuito, dependendo da distância que esteja da bobina receptora, será possível notar a presença de corrente nela.

Observe que a bobina receptora pode mover-se.

Passo 3: Aproxime e afaste-a da bobina geradora e veja o que acontece.

Neste momento, será possível notar que o LED acende e ocorrerá uma variação na sua luminosidade, na medida de corrente induzida marcada pelo multímetro, sendo que ao aproximar as bobinas a corrente fica maior e a luminosidade do LED também, já ao afastar a bobina receptora o oposto ocorrerá. Se todo circuito estiver montado corretamente isso irá ocorrer, caso contrário recomendo desligar a fonte, checar todos os terminais e testar novamente.

Passo 4: Coloque a bobina receptora a uma distância de 0,0 cm da outra (medida observada nas réguas), aumente a distância de 0,5 cm afastando a bobina receptora da bobina geradora e anote a medida da corrente induzida (multímetro) de acordo com as distâncias na Tabela 1.

Será possível perceber que, quanto mais próximo uma bobina estiver da outra, maior será o valor medido da corrente induzida.

TABELA 1: Medidas da distância (d) entre as bobinas e da corrente induzida (i);

Distância $d \pm 0,5 \text{ (cm)}$	Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$	Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$	Corrente induzida $i \pm 0,01 \text{ (mA)}$
0,0			
0,5			
1,0			
1,5			
2,0			
2,5			
3,0			
3,5			
4,0			
4,5			
5,0			

Com as medidas realizadas, calcule a média dos valores de corrente i e construa um gráfico da corrente i pela distância d .

Em seguida responda às seguintes questões:

- 1) A distância influencia na corrente induzida? Qual a relação do campo magnético com a distância entre as bobinas?

R: Sim, quanto mais longe as bobinas se encontram, menor será a corrente induzida. Ao aproximar as bobinas o fluxo de campo magnético da bobina geradora é mais intenso, sendo assim, quanto maior este fluxo maior será a corrente induzida na bobina receptora.

- 2) Qual interpretação você conseguiu concluir do gráfico construído? A relação do campo magnético com a distância é uma relação diretamente proporcional?

R: A relação da corrente induzida com a distância entre as bobinas não é linear. O gráfico ilustra que a relação do campo magnético com a distância não é diretamente proporcional, pois quanto menor for a distância maior será o fluxo de campo magnético que, por sua vez, maior será a corrente induzida.

- 3) De acordo com o que estudamos sobre o Transistor. Explique qual o papel dele no circuito? Diga se sem ele seria capaz de gerar a corrente induzida no experimento realizado?

R: Somente o campo magnético não é capaz de gerar uma corrente induzida, portanto é necessário criar um campo magnético variável no tempo. Sabendo que ao ligar e desligar um circuito elétrico a corrente gera um campo magnético variável. Desta forma, utilizamos o transistor como uma chave para ligar e desligar o circuito. Sem o transistor seria necessário encontrar uma outra maneira de variar a corrente elétrica no circuito.

- 4) Tente descrever passo a passo do funcionamento do experimento, utilizando todos os conhecimentos adquiridos sobre o assunto:

R: A bobina geradora alimentada por uma fonte de corrente contínua gera um campo magnético, e o transistor NPN funciona como uma chave eletrônica fazendo variar o fluxo do campo magnético no tempo. Assim, o campo magnético variável interage com a bobina receptora gerando uma fem (força eletromotriz), que por sua vez, gera uma corrente induzida fazendo com que o LED acenda. O valor da corrente pode ser medido com o multímetro conectado à bobina receptora. Quanto mais próximas as bobinas estiverem, mais intenso será o fluxo do campo magnético e, por esta razão maior será a corrente induzida.

B4: Respostas esperadas para o Questionário de organização de pensamento

Atividade organizando o pensamento

De acordo com todos os conceitos estudados durante essa sequência didática responda às seguintes questões:

- 1) De acordo com tudo o que foi estudado em nossas aulas, tente explicar com suas palavras o que é a Lei de Faraday.

R: A Lei de Faraday diz que quando houver variação do fluxo magnético através de um circuito surgirá uma força eletromotriz induzida.

- 2) Tente explicar como funciona um motor elétrico e qual o princípio presente em seu processo de transformação de energia.

R: Funciona por meio dos dois princípios fundamentais do eletromagnetismo: a repulsão entre dois ímãs (eletroímãs) e o fato de que campos magnéticos são criados por cargas elétricas em movimento. O motor possui, em suas extremidades, um ímã fixo que será responsável por fornecer um campo magnético externo à uma bobina que se encontra na parte interna, próximo ao rotor, que é um eixo móvel no interior do motor. O rotor do motor precisa de um torque para começar a girar, e este torque é produzido ao passar corrente elétrica pela bobina, que sofre uma repulsão eletromagnética pelo campo do ímã fixo, que fará com que ela comece a girar, produzindo assim a energia mecânica.

- 3) O fogão e o carregador de celular por indução são algumas das tecnologias que existem hoje em dia. Explique como acredita que o fogão é capaz de aquecer nossa comida? E como esse tipo de carregador é capaz de carregar nossos equipamentos eletrônicos?

R: No fogão por indução a corrente elétrica cria um campo eletromagnético que fica variando na parte interna do fogão. Esse campo interage com o material ferromagnético do interior da panela gerando correntes induzidas que circulam nela aquecendo-a e assim, aquecendo a comida em seu interior. E o carregador de celular por indução possui uma bobina eletromagnética em seu interior que cria um campo magnético variável que interage com outra bobina presente no interior do

celular capaz de receber e armazenar a corrente induzida pela variação do campo produzido pelo carregador.

- 4) Acredita que os experimentos que você realizou em sala auxiliaram na compreensão do conteúdo? Aponte o principal motivo que te levou a esta resposta.

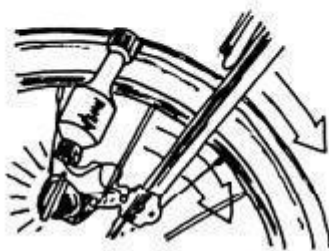
R: Esta pergunta é pessoal não podendo ser classificada segundo os critérios de correção, contudo espera-se que o aluno(a) consiga construir uma aprendizagem significativa acerca dos conteúdos propostos.

- 5) Acredita que as metodologias utilizadas nas aulas, como os experimentos e rodas de conversa, trouxeram uma maior motivação em seus estudos? Se não, explique qual motivo. Se sim, diga qual momento mais te motivou.

R: Esta pergunta é pessoal não podendo ser classificada segundo os critérios de correção, contudo espera-se que o aluno(a) tenha se motivado a aprender devido às metodologias aplicadas na SD.

B5: Respostas e comentário sobre Questionário questões objetivas

- 1) (ENEM/2010) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador encontram-se um ímã e uma bobina.



Disponível em: <http://www.ifusp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

O princípio do funcionamento deste equipamento é explicado pelo fato de que a

- A) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- B) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- C) bobina em atrito com o campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- D) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético
- E) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

Fonte: Exercício número 80 ENEM 2010, 1º Dia – Caderno 4 – Rosa – Reaplicação/PPL

https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2010/2010_PV_reaplicacao_PPL_D1_CD4.pdf.

Acesso em 10/10/2023.

Resposta: **E**

Espera-se que os alunos identifiquem que a situação descrita conta com ímã e bobina, também é necessário o movimento da bicicleta para o dínamo funcionar, desta forma o movimento é relevante ao processo. Portanto, somente ao variar o campo magnético (do ímã ao mover a roda) é possível gerar corrente elétrica no circuito fechado.

- 2) (UCS) Um dos fornos mais utilizados em indústrias é o chamado forno de indução. Seu princípio de funcionamento está baseado na lei de Faraday, ou seja,
- A) temperatura homogênea no espaço vazio gera corrente elétrica.
 - B) fluxo magnético variando no tempo gera força eletromotriz induzida.
 - C) luz que varia de intensidade no espaço vazio gera condução térmica constante.
 - D) corrente elétrica constante em um condutor gera ponto de fusão variante no tempo.
 - E) pressão que varia sobre uma área gera convecção constante.

Fonte: Exercício número 1- <https://webfisica.com/fisica/curso-de-fisica-basica/exercicios/11-87>. Acesso em 10/10/2023.

Resposta: **B**

Espera-se que os alunos identifiquem que a Lei de Faraday diz que a força eletromotriz induzida é dada pela variação de fluxo magnético durante um período de tempo.

- 3) (ENEM/2023) O fogão por indução funciona a partir do surgimento de uma corrente elétrica induzida no fundo da panela, com consequente transformação de energia elétrica em calor por efeito Joule. A principal vantagem desses fogões é a eficiência energética, que é substancialmente maior que a dos fogões convencionais.

A corrente elétrica mencionada é induzida por

- A) radiação.
- B) condução.
- C) campo elétrico variável.
- D) campo magnético variável.
- E) ressonância eletromagnética.

Fonte: Exercício número 101 ENEM 2023, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo
https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2023_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

Resposta: **D**

Espera-se que os alunos identifiquem que é necessário um campo magnético variável para induzir uma corrente elétrica no fundo da panela.

- 4) (ENEM/2020) Em uma usina geradora de energia elétrica, seja através de uma queda-d'água ou através de vapor sob pressão, as pás do gerador são postas a girar. O movimento relativo de um ímã em relação a um conjunto de bobinas produz um fluxo magnético variável através delas, gerando uma diferença de potencial em seus terminais. Durante o funcionamento de um dos geradores, o operador da usina percebeu que houve um aumento inesperado da diferença de potencial elétrico nos terminais das bobinas. Nessa situação, o aumento do módulo da diferença de potencial obtida nos terminais das bobinas resulta do aumento do(a)
- A) intervalo de tempo em que as bobinas ficam imersas no campo magnético externo, por meio de uma diminuição de velocidade no eixo de rotação do gerador.
 - B) fluxo magnético através das bobinas, por meio de um aumento em sua área interna exposta ao campo magnético aplicado.
 - C) intensidade do campo magnético no qual as bobinas estão imersas, por meio de aplicação de campos magnéticos mais intensos.
 - D) rapidez com que o fluxo magnético varia através das bobinas, por meio de um aumento em sua velocidade angular.
 - E) resistência interna do condutor que constitui as bobinas, por meio de um aumento na espessura dos terminais.

Fonte: Exercício número 130 ENEM 2020, 2º Dia – Caderno 5 – Amarelo

https://download.inep.gov.br/enem/provas_e_gabaritos/2020_PV_impresso_D2_CD5.pdf. Acesso em 15/11/2023.

Resposta: **D**

Espera-se que os alunos compreendam que quanto maior a velocidade angular das pás do gerador, mais rápido será o seu giro e a variação do fluxo magnético nas bobinas, provocando assim, o aumento do módulo da diferença de potencial elétrico obtido.

B6: Respostas esperadas para o Questionário Avaliativo final

- 1) Para você, quais as maneiras possíveis de **criar** campo magnético? Cite pelo menos uma.

R: A presença de dipolos magnéticos, como no caso do ímã e cargas elétricas em movimento.

- 2) Na sua visão, há alguma relação entre corrente elétrica e campo magnético? **Explique:**

R: Sim, a corrente elétrica produz ao seu redor um campo magnético que é proporcional à sua intensidade.

- 3) O que você imagina que possa ocorrer ao **variar** (a posição) um campo magnético? Justifique sua resposta.

R: O campo magnético ao variar pode induzir uma força eletromotriz que estabelece uma corrente elétrica.

- 4) O que você entende por indução eletromagnética? Explique com suas palavras.

R: Um fenômeno relacionado ao surgimento de uma corrente elétrica em um condutor exposto a uma variação de campo magnético.

- 5) Onde se aplica e para que podemos utilizar o processo de indução eletromagnética em nossas vidas?

R: O processo de indução eletromagnética pode ser aplicado a geradores, motores, carregador por indução e fogão por indução. Para produzir corrente elétrica a distância.

- 6) Para você, existe alguma relação entre campo magnético e a distância entre os corpos que possuem campo magnético? Explique:

R: As linhas de campo magnético de um corpo ficam menos intensas quando nos afastamos deste corpo.

- 7) Assim como há carga elétrica, você acredita que existe na natureza carga magnética? Justifique sua resposta.

R: Não existem monopolos magnéticos na natureza.

Apêndice III - Guia de Montagem Experimental

A finalidade deste Apêndice é oferecer um material de apoio ao professor(a) com a descrição da montagem dos experimentos realizados ao longo da SD. Descrevendo quais materiais foram utilizados, como ocorreu a montagem experimental e comentários que auxiliem o docente na produção.

GUIA DE MONTAGEM EXPERIMENTAL

Este guia contém a descrição de 4 experimentos propostos na Sequência Didática desenvolvida no Produto Educacional intitulado “MERGULHANDO NO ELETROMAGNETISMO: EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”. Este material faz parte da dissertação: “EXPLORANDO O ELETROMAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM EXPERIMENTOS PARA DESVENDAR A LEI DE FARADAY”, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 20 – UEM Maringá-PR.

Autores:

Rafaela Garbin da Silva

Paulo Ricardo Garcia Fernandes

Estação 1: Atividade experimental 1- Faça como Oersted.

Para construção de todas as etapas do experimento da estação 1 foram necessários alguns materiais, os quais devem ser selecionados, preparados e testados pelo professor(a) antes da aula, de forma que os alunos consigam realizar as atividades propostas.

Materiais utilizados

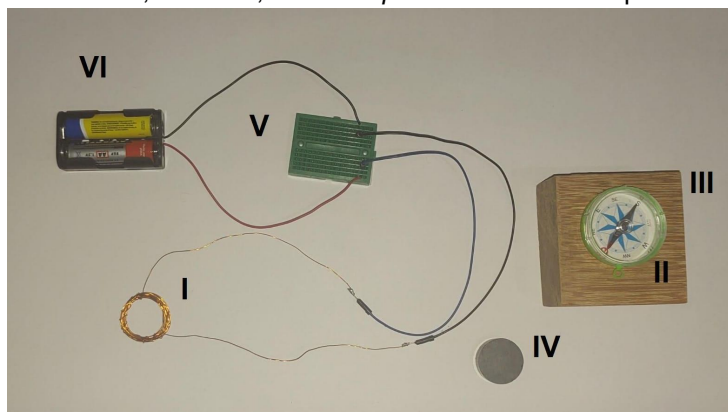
- Uma bússola;
- Um suporte para duas pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5V;
- Um ímã de ferrite em disco (2,5cm x 0,5cm);
- Apoio de madeira;
- Bobina com fio de cobre 0,2 mm enrolado (20 espiras de raio 1 cm);
- Uma mini *protoboard*;
- Dois *Jumpers* (ou 10 cm de fios conectores de 1 mm).

A montagem experimental ocorreu utilizando todos os materiais citados e será detalhada, a seguir, de forma que possa ser reproduzida. Cabe ressaltar que é possível adaptar os materiais utilizados, tendo em vista que os materiais descritos podem ser facilmente adquiridos ou parcialmente reutilizados de outros experimentos existentes.

Montagem experimental

Como pode-se visualizar na Figura 1, encontram-se todos os materiais utilizados e a montagem utilizada para a estação 1.

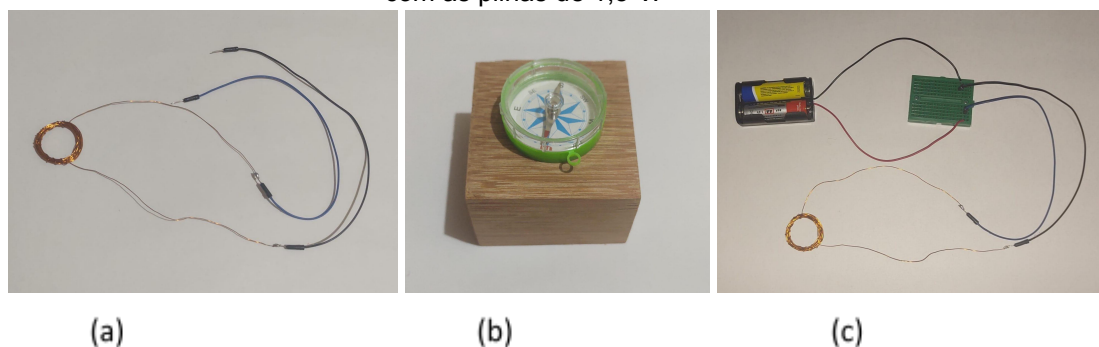
Figura 1 - Imagem fotográfica da montagem experimental da estação 1. Sendo I a bobina com os *jumpers*, II a bússola, III o apoio de madeira, IV o ímã, V a mini *protoboard* e VI o suporte com duas pilhas.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Para a montagem experimental alguns dos materiais presentes na Figura 1 foram confeccionados pela autora deste trabalho, tais como a bobina (I) constituída por um fio de cobre com 20 espiras deixando livre as extremidades do fio para soldar as conexões (*jumpers*) em cada uma das extremidades (Figura 2(a)). Em todas as ligações foram utilizados *jumpers*, pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na *protoboard*, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar as ligações. Com os demais materiais selecionados a bússola (II) ficará localizada em cima do apoio de madeira (III) de forma que consiga ficar em repouso como na Figura 2(b), em seguida alguns testes com o ímã (IV) vão ser realizados aproximando-o da bússola para verificar o que ocorre com ela. O mesmo vai ocorrer com a bobina conectada em série à mini *protoboard* (V) e ao suporte com as pilhas (VI) como mostra a Figura 2(c) formando um circuito para verificar o que ocorre ao aproximar de uma bússola.

Figura 2 - (a) Imagem fotográfica da bobina de 20 espiras soldada com os *jumpers*; (b) Imagem fotográfica bússola com da montagem expe; (b) Imagem fotográfica do circuito elétrico, formado pela bobina em série com as pilhas de 1,5 V.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Estação 2: Atividade experimental 2- Motor elétrico.

Para construção de todas as etapas do experimento utilizado na da estação 2 foram necessários alguns materiais. A seguir pode-se identificar os materiais necessários para a atividade que devem ser selecionados e preparados pelo professor(a) antes da aula.

Materiais utilizados:

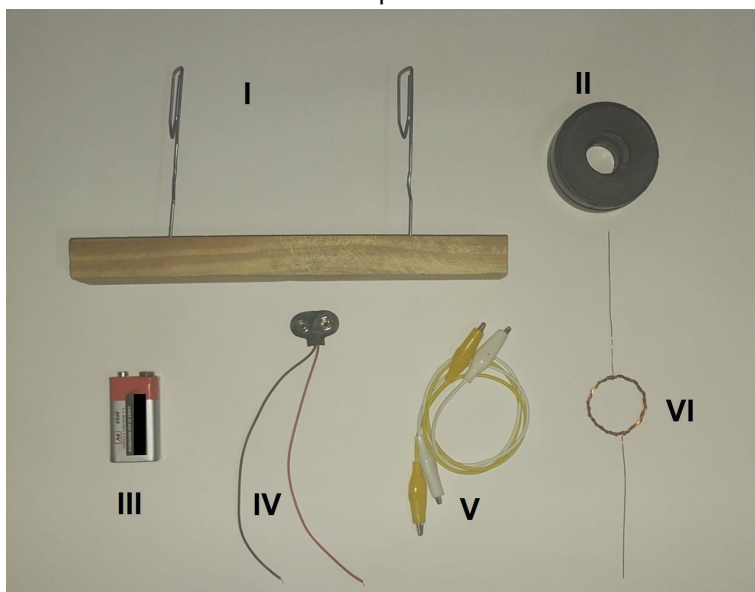
- Bateria 9 V;
- Conector para bateria 9 V tipo T;
- Um suporte de madeira;
- Dois clips (6/0);
- Dois ímãs de ferrite em formato de anel (retirado de alto falante);
- Dois cabos com garras jacaré;
- Bobina de fio de cobre 0,3 mm enrolado (5 espiras de raio 1,5 cm).

Para a montagem experimental final foram utilizados todos os materiais citados. Esta montagem será detalhada a seguir para que possa ser reproduzida. Contudo, pode-se adaptar ou escolher outros materiais para construção do experimento.

Montagem experimental

Para este experimento foram utilizados os materiais representados na Figura 3. Foi construído um suporte de madeira com dois cliques fixos (I) de forma que os ímãs (II) possam ser colocados sobre a madeira, entre os cliques. Foi montado também um circuito com uma bateria 9V (III) com um conector de bateria tipo T (IV) de forma que cada ponta do conector será ligado a um dos cabos com garras (V), que vão ser conectadas aos dois cliques fixos no suporte. Com o fio de cobre enrolado foi construída uma bobina (VI) de 5 espiras que conectará os dois cliques de forma que o circuito elétrico seja fechado.

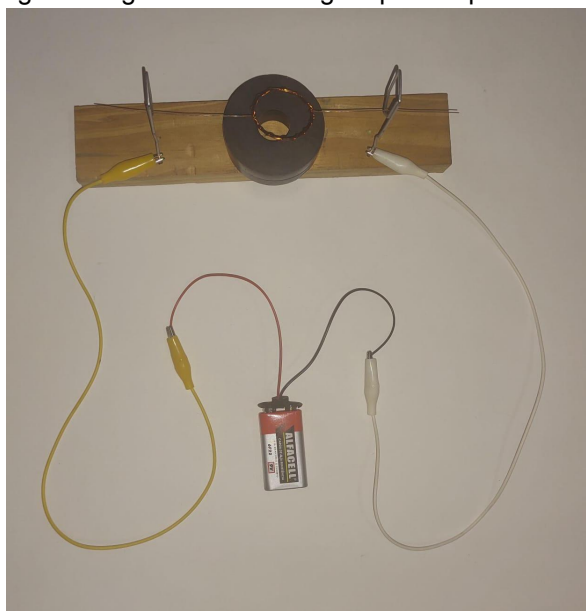
Figura 3 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 2, sendo I o suporte feito com madeira e clips, II os ímãs, III a bateria 9 Volts, IV o conector de bateria, V os cabos de garras jacarés e VI a bobina com 5 espiras.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

A montagem experimental completa deste experimento está indicada na Figura 4.

Figura 4 - Imagem fotográfica da montagem para experimento da estação 2.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Estação 3: Atividade experimental 3 – Gerando corrente induzida.

Para construção de todas as etapas do experimento utilizado na estação 3 foram necessários alguns materiais. A seguir pode-se identificar os materiais necessários para a atividade, que devem ser selecionados e preparados pelo professor(a) antes da aula.

Materiais utilizados:

- Seringa (10 ml com 1,8 cm de diâmetro);
- Bobina com fio de cobre 0,2mm (300 voltas);
- Fita isolante;
- Ímãs de Neodímio em disco (20 unidades de 10mm por 1,5mm);
- Suporte de madeira;
- Multímetro;
- Dois cabos ponta de prova;
- Uma mini protoboard;
- Dois fios encapados (retirados de qualquer equipamento eletrônico);
- *Jumpers* (ou 4 cm de fios conectores de 1 mm).

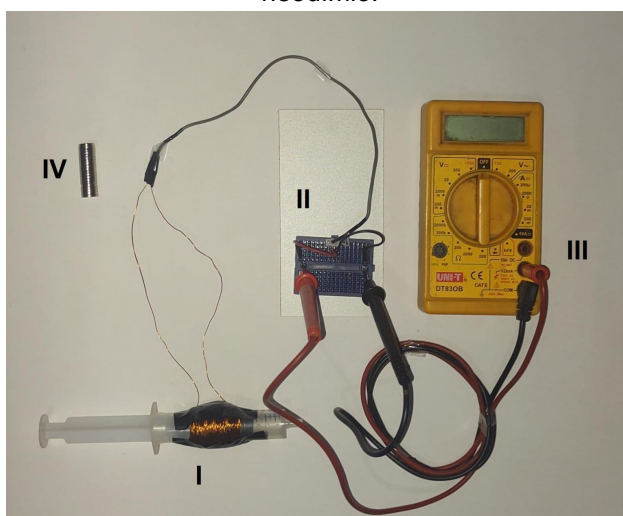
Para a montagem experimental foram utilizados todos os materiais citados. A seguir, a montagem será detalhada para que possa ser reproduzida. Contudo, pode-se adaptar ou escolher outros materiais para construção do experimento.

Montagem experimental

Neste experimento (Figura 5), um fio de cobre foi enrolado em volta de uma seringa (300 voltas), e fixado com fita isolante (I) de forma que as duas pontas fiquem livres. As suas extremidades estão conectadas a fios encapados que conectam à dois *jumpers* que foram soldados na mini *protoboard* (II) fixa em um suporte de madeira, assim com o multímetro (III) ligado em série será possível medir a corrente induzida. No interior da seringa foram colocados os 20 ímãs de neodímio (IV). Neste processo foram utilizados *jumpers* pois suas pontas conectivas auxiliam a fixação na protoboard, contudo, pode-se utilizar qualquer fio conector de 1 mm para realizar as ligações. A montagem experimental

pode ser observada na Figura 3.8 onde o ímã deve estar no interior da seringa para realização do experimento. Contudo, aconselha-se soldar todas as conexões como maneira de reduzir os riscos dos alunos ao manipular os experimentos e acabar desconectando-os e prejudicando na execução do experimento.

Figura 5 - Imagem fotográfica materiais para experimento da estação 3, sendo I o fio de cobre enrolado na seringa como uma bobina, II as conexões com *jumper*s, III o multímetro com cabos de prova, IV ímãs de neodímio.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

Experimento da Lei de Faraday

Para construção de todas as etapas do experimento da Lei de Faraday foram necessários alguns materiais. A seguir, é possível identificar os materiais necessários para a sua construção, que devem ser selecionados e preparados pelo professor(a) antes da aula.

Materiais utilizados:

- Bobina geradora, fio de cobre 1 mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm);
- Uma protoboard;
- Um transistor NPN (KSP2222A);
- Um suporte para pilhas;
- Duas pilhas comuns 1,5 V AA;
- Bobina receptora, fio de cobre 1mm enrolado (10 espiras de raio 2,9 cm) com LED verde;
- Bobina receptora, fio de cobre 0,3mm enrolado (10 espiras de raio 2,6 cm) com LED vermelho e com extremidades soltas;
- Multímetro;
- Suporte de madeira (12,5 x 3,5 x 6,0 cm);
- Plataforma de madeira (20,0 x 1,2 x 13,0 cm);
- Duas régua (15 cm);
- Dois parafusos auto atarraxante (3,5 x 30 mm);
- Cola de madeira;
- Fita isolante preta;
- Uma mini Protoboard;
- Alguns cabos *jumpers* (ou fios conectores de 1 mm).
- Dois cabos de ponta de prova.

Para a montagem experimental foram utilizados todos os materiais citados acima. A seguir, esta montagem será detalhada para que possa ser reproduzida. Contudo, pode-se

adaptar ou escolher outros materiais para construção do experimento. Como o experimento possui etapas, a seguir serão demonstradas a construção do circuito gerador, e o circuito receptor.

Circuito Gerador

Neste circuito, utiliza-se um transistor do tipo NPN (KSP2222A) (Figura 6 (a)), cujos terminais são: 1 (emissor), 2 (base) e 3 (coletor). Há também uma bobina de fio de cobre enrolado com espessura de 1mm, contendo 10 espiras e duas extremidades livres. Uma das espiras foi levemente esticada, tornando-se maior que as demais e permitindo ser enrolada. Uma parte do fio foi lixada para possibilitar a soldagem de um jumper nessa região (no meio do fio), como se observa na Figura 6 (b), criando três pontos de conexão. O circuito também inclui uma fonte de tensão contínua, composta por duas pilhas de 1,5V em um suporte (Figura 6 (c)).

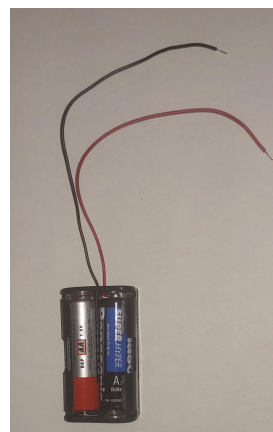
Figura 6 - (a) Transistor NPN (KSP2222A); (b) Bobina geradora com as duas extremidades livres e um *jumper* soldado no meio de uma espira que foi esticada, deixando sobre parte do fio; (c) Fonte de tensão suporte com duas pilhas de 1,5 V).



(a)



(b)



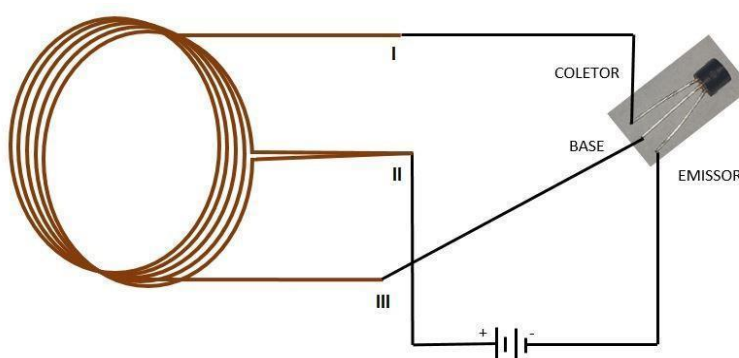
(c)

Fonte: arquivos da autora, 2023.

O esquema da montagem do circuito está representado na Figura 7, onde a bobina geradora precisa ser conectada a uma fonte de corrente contínua e a um transistor NPN que funcionará como chave eletrônica para gerar um campo magnético que varia no tempo. O mesmo circuito pode ser construído utilizando um outro transistor diferente do que foi apresentado na Figura 6 (a), desde que o mesmo também seja NPN, caso queira

utilizar um transistor PNP o circuito da Figura 7 deverá ser reformulado devido a polaridade ser invertida. Importante também ressaltar que caso pretenda-se utilizar um outro transistor NPN é necessário realizar uma busca para identificar qual terminal é o emissor a base e o coletor para que seja conectado corretamente de acordo com o que está indicado pela Figura 7, pois, isso pode variar de um para o outro.

Figura 7 - Desenho ilustrativo da montagem do circuito gerador.

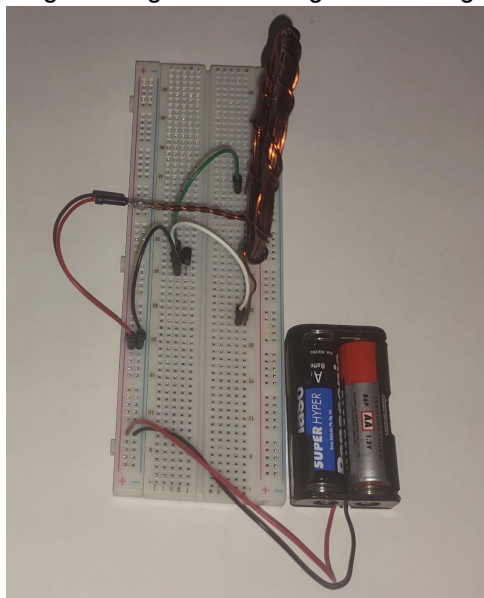


Fonte: a autora (baseado em EL-PRO-CUS- electronics, projects,focus; Wireless Power Transfer Circuit and Its Working; <https://www.elprocus.com/wireless-power-transfer-circuit-and-working/>, acesso em 05/11/2023).

Seguindo a montagem representada pela Figura 7 para realizar as ligações do circuito da Figura 8 foram utilizados vários *jumpers* de forma que o transistor e a bobina foram conectados na *protoboard* onde os terminais 2 e 3 do transistor foram conectados nas duas extremidades soltas I e III da bobina, o terminal 1 (emissor) do transistor foi conectado ao negativo da fonte de tensão, já o positivo da fonte está conectado ao *jumper* soldado no meio da bobina (II).

Neste circuito, as ligações podem ser realizadas também por qualquer fio conector de 1 mm, contudo, os *jumpers* são utilizados para auxiliar a fixar na protoboard.

Figura 8 - Imagem fotográfica montagem circuito gerador.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Circuito Receptor

Foram construídos dois circuitos receptores. Uma bobina receptora feita com fio de cobre que possui um LED alto brilho de cor verde soldado, ligando as suas extremidades, como representado pela Figura 9.

Figura 9 - Imagem fotográfica bobina receptora.



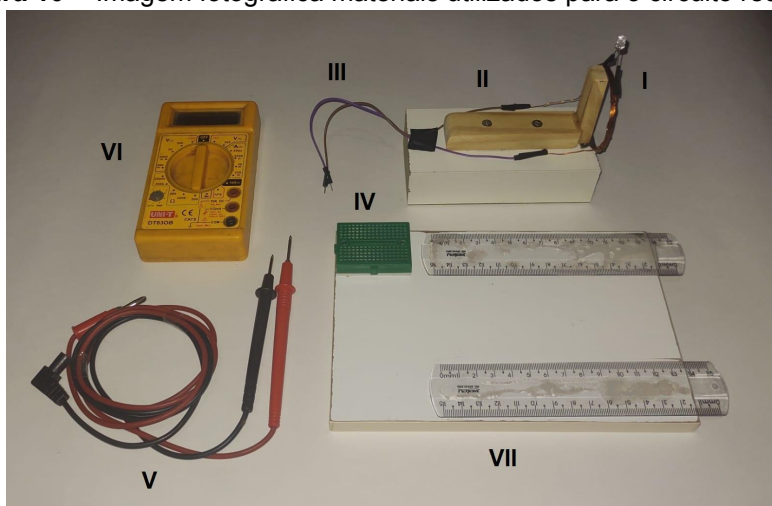
Fonte: arquivo da autora, 2023.

Contudo, esta bobina receptora não permite medir a quantidade de corrente induzida de acordo com a distância entre as bobinas, então foi construído um circuito com outra

bobina receptora e para isso foram utilizados os seguintes materiais representados na Figura 10. Primeiramente foi construída uma bobina receptora (I) com fio de cobre 0,3mm formando 10 espiras, com extremidades soltas e que o fio de uma de suas espiras foi cortado para que um LED alto brilho de cor vermelha seja soldado em cada ponta. Para que a bobina fique na posição vertical foi construído um suporte de madeira (II) com toda estrutura necessária, parafusado e colado mantendo a bobina sempre fixa na posição vertical. Nas extremidades soltas desta bobina receptora foram conectados dois *jumpers* (III) para que possam ser conectados a uma mini *proto board* (IV) e assim utilizando os cabos ponta de prova (V) todo circuito possa ser ligado em série com um multímetro (VI).

O suporte de madeira (II) deve ser posicionado sobre uma plataforma de madeira (VII) que em sua superfície encontram-se coladas duas régua de 15 cm tendo uma distância de 6 cm uma da outra e as suas pontas encontram-se aproximadamente 1,2 cm para fora da plataforma (para melhorar a medida da distância entre as bobinas). Então o suporte deverá ficar encaixado entre as duas régua possibilitando que ele deslize e assim varie a distância da bobina. Com uma fita isolante preta todas as conexões foram isoladas.

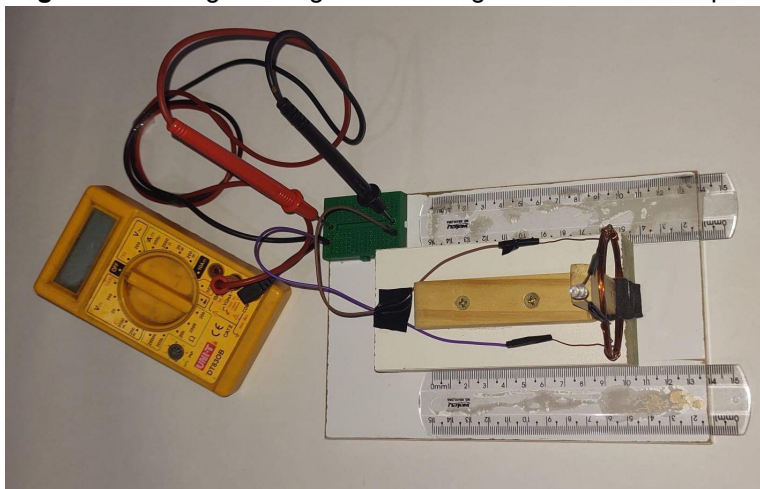
Figura 10 - Imagem fotográfica materiais utilizados para o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

Assim a montagem completa da bobina receptora descrita acima encontra-se na Figura 11 a seguir.

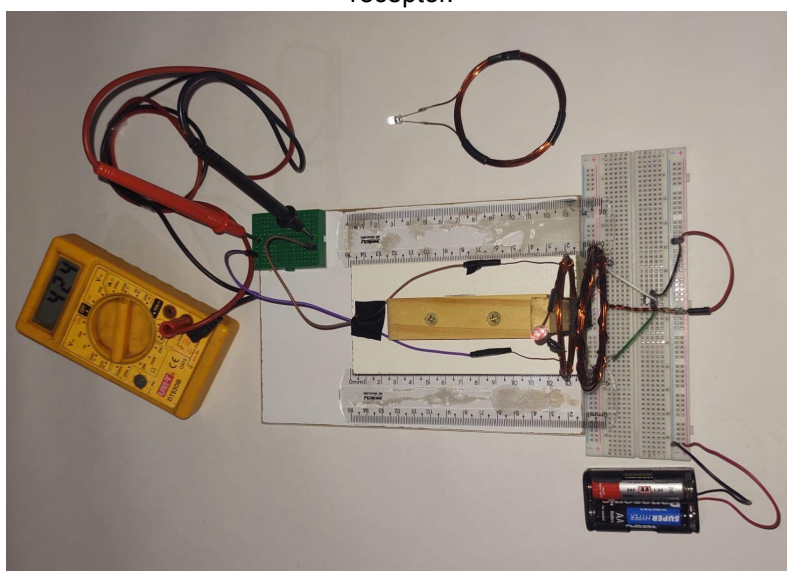
Figura 11 - Imagem fotográfica montagem do circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.

A montagem completa do experimento precisa que os dois circuitos estejam próximos. Desta forma a *protoboard* do circuito gerador deve ser colocada embaixo dos pedaços de régua que sobraram da plataforma do circuito receptor de forma que as bobinas fiquem bem alinhadas como na Figura 12. Em seguida as medidas podem ser realizadas.

Figura 12 - Imagem fotográfica montagem completa do experimento com o circuito gerador e o circuito receptor.



Fonte: arquivo da autora, 2023.