



PRODUTO DO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA
UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA PARA O
ENSINO FUNDAMENTAL – OS EXPERIMENTOS DO *DISCO DE FARADAY* E DO
MOTOR HOMOPOLAR.

INSTITUTO DE FÍSICA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL

LETHÍCIA VIEIRA DE MARQUES
DR. ANTONY MARCO MOTA POLITO
DRA. MARIA DE FÁTIMA DA SILVA VERDEAUX

BRASÍLIA
2018

Sumário

A.1. – Apresentação	3
A.2 – Avaliação prévia.....	5
A.2.1 – Questões da avaliação prévia.....	6
A.3 – Linhas do tempo	11
A.3.1 – Linha do tempo – Organizador prévio (Professor).....	11
A.3.2 – Linha do tempo – Aluno.....	19
A.4 – Campo magnético: o experimento de Oersted e as linhas de força de Faraday	21
A.5 – Indução Eletromagnética no Laboratório: experimentos do Disco de Faraday e do Motor Homopolar	23
A.5.1 - Motor Homopolar	24
A.5.2 - Disco de Faraday.....	27
A.6 – Indução Eletromagnética na Teoria: aula expositiva sobre o funcionamento do Disco de Faraday e do Motor Homopolar	31
A.6.1 – Explicação do Motor Homopolar	31
A.6.2 - Explicação Disco de Faraday	32
A.7 – Avaliação Final: jogo “Perfil Eletromagnético”	33
A.8 - Avaliação final somativa	35
A.8.1 – Análise das questões da avaliação somativa final	35
A.9 – Avaliação prévia - montada	41
A.10 – Roteiro Experimental – Disco de Faraday e Motor Homopolar.	44
A.11 – Regras do Jogo Perfil Eletromagnético	46
A.12 – Cartas do Jogo Perfil Eletromagnético.	50
A.13 – Tabuleiro do Jogo Perfil Eletromagnético	64
A.14 – Avaliação final somativa - montada	65
Bibliografia	69

A.1. – Apresentação

Caro Professor,

esse produto educacional consiste em uma sequência de aprendizagem destinada a ensinar, do ponto de vista exclusivamente qualitativo, conceitos relacionados com o fenômeno de indução eletromagnética causada pelo movimento relativo entre condutores e campos magnéticos. Sua aplicação está prevista para turmas do nono ano do ensino fundamental, em um tempo estimado de oito encontros. Foi construída com base em uma estratégia didático-pedagógica que se utiliza, preponderantemente, de elementos históricos associados ao desenvolvimento do eletromagnetismo para alcançar a aprendizagem de seus conceitos.

Para possibilitar aos alunos um entendimento mais sólido a respeito da indução eletromagnética, conceitos básicos a respeito da eletricidade, como carga elétrica, corrente elétrica e campo elétrico, devem ser conhecimentos prévios adquiridos pelos alunos, pois favorecerão um melhor entendimento dos novos conceitos físicos (campo magnético, força de Lorentz e indução eletromagnética) que surgirão ao longo da aplicação dessa sequência.

Essa sequência, por se basear principalmente nos trabalhos do físico Michael Faraday, tendo como cerne a execução e estudo qualitativo dos experimentos do Motor Homopolar e do Disco de Faraday, tem como principal objetivo apresentar o fenômeno da indução eletromagnética, dando preferência aos aspectos observacional e experimental, sem a finalidade de apresentar o formalismo matemático do eletromagnetismo, mas apenas, buscando explicar o fenômeno de indução eletromagnética e estudar sua manifestação no dia-a-dia.

Esse produto foi confeccionado pensando em atingir o maior público de alunos possível. Logo, para a diversificação de metodologias, foram criadas aulas expositivas, experimentais e de apresentação de trabalhos; além dos recursos para a confecção de uma linha do tempo do eletromagnetismo e de um jogo de tabuleiro.

Cada parte dessa sequência apresenta um papel fundamental e indispensável para a fluidez do processo de ensino-aprendizagem, que temos em mente, do fenômeno da indução eletromagnética. As avaliações prévias e posteriores (jogo e somativa) são essenciais para a identificação dos possíveis indícios de aprendizagem significativa dos alunos. Para isso, foram selecionadas questões que visam identificar conceitos

específicos que são considerados essenciais para o bom entendimento desses fenômenos eletromagnéticos.

A utilização de uma linha do tempo, como organizador prévio, além de criar uma ligação entre o que o aluno já sabe e o que será apresentado mais adiante, na sequência didática, realiza um papel de contextualização histórica, já que partimos da premissa de que é interessante que o aluno entenda que a descoberta do fenômeno da indução eletromagnética, feita por Michael Faraday, foi resultado de anos de questionamentos, pesquisas, experiências e descobertas, suas, mas também de muitos outros cientistas.

A parte mais importante desse produto é a parte experimental, onde os alunos manipulam e analisam experimentos que foram construídos baseados nas montagens originais de Faraday: Motor homopolar e o Disco de Faraday. É nessa aula que, através da vivência com o fenômeno da indução eletromagnética causada pelo movimento relativo entre condutores e campos magnéticos, que os estudantes podem ser estimulados a realizar questionamentos semelhantes aos feitos por Faraday (com o auxílio do roteiro experimental).

Lembre-se, aqui está uma sugestão de aplicação dessa sequência didática, fica a seu critério, caso deseje, realizar adaptações para a realidade da sua sala de aula.

A.2 – Avaliação prévia

Para a aplicação dessa sequência é recomendável que se faça uma verificação da presença dos subsunçores de cada aluno a respeito dos conceitos de carga elétrica, de corrente elétrica e de campos elétrico e magnético, uma vez que essa sequência se baseia na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Recomenda-se que a aplicação dessa avaliação seja feita na duração de uma aula simples (1h/aula). Por comodidade e facilidade para análise dos resultados, recomenda-se o uso do site *Socrative*¹, já que o mesmo apresenta uma tabela com notas (percentual de acertos e erros, de cada questão e aluno). Porém, essa avaliação pode ser feita também em outros sites (ex.: Google Forms) ou do modo tradicional: impresso.

Para a utilização da plataforma *Socrative*, é necessário criar uma conta na área *Teacher Login*². Nessa conta, você poderá criar uma *sala de aula*, onde hospedará questionários e terá acesso aos benefícios de correção do sistema. Também poderá controlar como os alunos verão o questionário, como será a liberação de resultados de cada questão para os alunos (com gabarito ou não) e a escolha da liberação da pontuação final do teste para o aluno.

Para que o aluno tenha acesso ao questionário, ele deve acessar a área *Student Login*³, onde será necessário inserir o nome da *sala de aula* em que o professor hospedou o questionário a ser respondido⁴.

Em relação à confecção da avaliação (A.10), cada questão apresenta um potencial subsunçor como alvo de identificação. Foi colocado o nome referente ao subsunçor que se almeja identificar ao lado do enunciado de cada questão. Lembre-se de retirar esses nomes na hora da aplicação, esta é somente uma orientação na hora da análise dos resultados, para estimar os possíveis conhecimentos prévios dos estudantes.

¹ <https://www.socrative.com/>

² <https://b.socrative.com/login/teacher/>

³ <https://b.socrative.com/login/student/>

⁴ Sugiro que o professor solicite que os alunos coloquem nome e sobrenome (todas iniciais com letra maiúscula) e a turma como login para responderem a avaliação (Ex.: *Lethícia Vieira MNPEF 2016*), pois assim a plataforma já liberará os resultados em ordem alfabética.

A.2.1 – Questões da avaliação prévia

As questões da avaliação prévia foram criadas de forma a buscar indícios de potenciais subsunçores (carga elétrica, corrente elétrica e campo elétrico e magnético) nos alunos. Assim, acredito que cada uma das sete questões desempenha papel único e crucial para a constituição dessa parte da sequência didática.

O modelo no qual as questões foram confeccionadas (completar lacunas) foi visando uma centralização das respostas, para que não haja casos em que as respostas sejam expressas de forma extremamente descontextualizadas. Também foi pensando na praticidade de correção e na tentativa de diminuição de tentativas aleatórias dos alunos, que as questões foram confeccionadas nesse molde.

Nessa seção será feita a análise de cada uma das questões para que você, ao usar, entenda a essência e necessidade de cada uma delas e, caso necessário, possa adaptar para a sua turma sem perder as características necessárias para a tentativa de aquisição dos subsunçores dos estudantes.

As palavras e expressões para a tarefa de completar lacunas devem ser fornecidas todas em conjunto, para os alunos, de modo que eles possam fazer a seleção que efetivamente completa, de modo correto, cada texto. É importante informá-los que essas expressões podem ser, eventualmente, usadas mais de uma vez, inclusive na mesma questão, e que podem aparecer no singular ou no plural. E que, inclusive, algumas dessas expressões podem não ser usadas.

Lista completa das palavras a serem usadas para completar as lacunas

corrente elétrica, diferença de potencial, eletrização, atração, repulsão, grande, pequena, aumentar, diminuir, elétron, próton, carga elétrica, onda eletromagnética, resistência elétrica, forte, fraco, força elétrica, campo elétrico, campo magnético, força magnética, ímã, condutor, atrair, repelir.

Vamos nessa então!

QUESTÃO 1 - Corrente elétrica

A tela sensível ao toque - *touch screen* - tem aparecido cada vez mais nos aparelhos eletrônicos. Seu funcionamento pode se dar por meio de pressão, calor ou interação elétrica. Um dos tipos de *touch screen* é o TFT (transistor de película fina) encontrado

em tecnologias LCD. Essas películas são um tipo de sobreposição colocada em uma tela normal e usada para registrar a interação de toque na tela. As telas de TFT funcionam medindo a interrupção da _____ (**corrente elétrica**), assim o dedo humano é uma espécie de chave para acionar o circuito elétrico que põe em funcionamento a tecnologia *touch screen*.

A questão 1 foi confeccionada visando identificar subsunçores de corrente elétrica, mediante a relação entre corrente elétrica e diferença de potencial no funcionamento de um circuito elétrico. A escolha dessa relação foi feita, pois o aluno pode confundir a interrupção do funcionamento com a estabilização de cargas nos extremos do circuito elétrico, assim deixando de ter diferença de potencial, o que impossibilitaria a fluidez de carga elétrica pelo circuito. Porém, essa confusão é infundada, pois o funcionamento desse *touch screen* se dá pela abertura ou fechamento de uma chave no circuito elétrico, como descrito na questão, influenciando a passagem de corrente elétrica, já que os extremos do circuito não sofrem alteração na sua ddp se analisados por inclusão ou retirada de portadores de carga no circuito, pois a chave não apresenta função de aterramento nesse sistema.

QUESTÃO 2 – Carga elétrica e Campo elétrico

Os corpos podem ser eletrizados de formas diferentes, de modo que haja uma reorganização, aquisição ou perda das cargas presentes no corpo. Um desses processos é a eletrização por atrito, na qual é necessário atritar dois corpos diferentes e, após, esse processo, estes passam a atrair novos corpos. Uma brincadeira muito comum utilizando esse processo é o atrito de um balão nos cabelos de uma pessoa que, em seguida, consegue levantar os fios de cabelo de outras pessoas, sem tocar. A _____ (**atração**) entre o balão e o cabelo pode acontecer quando estiverem localizados a uma distância _____ (**pequena**) um do outro, ou também, quando se consegue _____ (**aumentar**) a quantidade de carga elétrica do balão, através de mais atrito com o cabelo.

A questão 2 foi confeccionada visando identificar subsunçores de carga elétrica e campo elétrico, mediante o uso dos conhecimentos a respeito dos processos de eletrização. Enfatiza-se a relação entre o processo de eletrização dos corpos e a

concentração e a distância entre as cargas para o fenômeno de atração/repulsão entre corpos. Essas relações podem ser consideradas características da análise de força elétrica, mas vale ressaltar que força elétrica não existe na ausência de carga, assim como força gravitacional não existe na ausência de massa inercial. Desse modo, podemos utilizar de conceitos da lei de Coulomb para tentar identificar noções de carga que um estudante possivelmente apresenta em sua estrutura cognitiva.

QUESTÃO 3 – Carga elétrica

Em dias secos, as pessoas que trabalham em ambientes acarpetados sofrem várias pequenas descargas elétricas, ao tocarem em maçanetas, em outros objetos metálicos ou em outras pessoas. Sempre que os _____ (**elétrons**) são trocados entre corpos, temos uma descarga elétrica. Carpetes acumulam muitos _____ (**elétrons**). Quando uma pessoa toca em um objeto condutor a troca de _____ (**elétrons**) leva a um choque, ou seja, há passagem de corrente elétrica pelo corpo do trabalhador.

A questão 3 também foi formulada na expectativa de identificar o potencial subsunçor de carga elétrica, mediante o uso dos conhecimentos a respeito dos processos de eletrização. A diferença entre essa questão e a questão 2 é que o enfoque aqui se dá na diferenciação das propriedades entre as cargas elétricas negativas e positivas.

QUESTÃO 4 - Campo Eletromagnético

Aparelhos eletrônicos, como celulares, modems, televisões e rádios, apresentam antenas que servem para receber _____ (**ondas eletromagnéticas**). Elas vêm de torres que transmitem essas _____ (**ondas eletromagnéticas**), tornando possível a realização de ligações, a utilização de *wifi* e a sincronização de estações de rádio e de televisão.

A questão 4 foi formulada visando identificar conhecimento prévio a respeito de campo (eletromagnético), com o enfoque na relação entre onda eletromagnética e campo eletromagnético, esse, associado à noção de repositório de energia.

QUESTÃO 5 – Campo e Corrente elétrica

Um condutor é um material, como os metais, que permite a passagem de corrente elétrica. Para que haja uma _____ (**corrente**), é preciso que exista um campo elétrico. Nossos corpos também são condutores, mas muito pobres, o que significa que, para tomarmos um choque, ou seja, para que a corrente elétrica passe pelo nosso corpo, o campo elétrico tem que ser _____ (**forte**). Acontece que os bons condutores têm a propriedade de cancelar o campo elétrico dentro deles. É por isso que as pessoas que estão dentro de um carro não são eletrocutadas se, durante uma tempestade, o veículo for atingido por um raio, mesmo que elas toquem na parte metálica interna. Mas veja, isso só acontece se elas estiverem dentro, porque se colocarem a mão na parte metálica pelo lado de fora, serão torradas. Ou seja, existe _____ (**campo elétrico**) do lado de fora. Você pode achar que é por causa dos assentos, que são revestidos por tecido isolante, ou que é por causa dos pneus do carro, por serem de borracha. Mas isso não tem nada a ver!

A questão 5 foi confeccionada tendo como cerne o fenômeno da blindagem eletrostática, tornando-se riquíssima em informações que puderam ser exploradas na busca de dois conceitos físicos: campo elétrico e corrente elétrica. Diferentemente da questão 4, essa questão ao tratar do conceito de campo elétrico, tem como intuito averiguar a influência das características dos campos elétricos nos fenômenos físicos do dia-a-dia.

Ao se tratar da corrente elétrica, diferente da questão 1 que visa a diferenciação entre corrente elétrica e tensão elétrica, nessa questão o intuito é a associação da existência e efeitos de corrente elétrica na presença de um campo elétrico.

QUESTÃO 6 - Campo Magnético

O magnetismo é a capacidade que um objeto possui de atrair outros objetos, e esses objetos são chamados de magnéticos. As bússolas trabalham com base no magnetismo. O ponteiro das bússolas é um ímã que estabelece ao seu redor _____ (**campo magnético**). Quando o ímã é colocado em um campo de outro ímã, ambos tentam se alinhar. Como sabemos, a Terra é um gigantesco _____ (**ímã**), mas, como a Terra tem muito mais massa que a bússola, a interação magnética

entre ambas arrasta somente o ponteiro da bússola. Esse é o princípio de seu funcionamento.

Como esse trabalho foi constituído para ensino de indução eletromagnética, então nada mais do que necessária a busca de potenciais subsunçores de campo magnético. Desse modo, a questão 6 foi confeccionada visando a diferenciação entre campo e força magnética. Também, como complementação, é averiguado se os alunos entendem que a interação entre a Terra e uma bússola acontece porque a Terra também é um ímã.

QUESTÃO 7 – Campo Magnético e Corrente Elétrica

O eletroímã, em sua versão mais simples, é constituído por um prego enrolado por um fio esmaltado, onde as pontas do fio são ligadas a uma pilha. Essa montagem promove a passagem de _____ (**corrente elétrica**) e transforma o prego em um grande _____ (**ímã**). Uma das aplicações de eletroímãs são os guindastes magnéticos (presentes em filmes), que são usados para _____ (**atrair**) os carros nos ferro-velhos.

Aproveitando os conceitos trabalhados nas questões anteriores foi feita a montagem dessa questão 7, onde há a recapitulação de conceitos de corrente elétrica e a sua interação com um ímã. A principal novidade nessa questão é a relação entre corrente elétrica e geração de campo magnético (que está implícito no texto), já que é abordada a geração de fenômenos magnéticos como a transformação do prego em ímã e a interação entre esse ímã e materiais metálicos.

Para que um aluno entenda essa questão, pressupõe-se que este saiba não somente os conceitos isolados do magnetismo e de eletricidade, mas sim a junção de ambas as áreas, aproximando-se assim do entendimento do cerne dessa sequência didática. Sendo então essa questão um grande desafio para boa parte dos alunos, já que os conceitos de magnetismo provavelmente nem foram trabalhados em sala de aula até a aplicação dessa atividade de sondagem de subsunçores, porém é uma questão de suma importância, já que a identificação desses subsunçores é voltada para um conhecimento prévio, assim podendo ser possível que o estudante em algum momento de sua vida já

tenha tido contato com magnetismo e eletromagnetismo, tendo aprendido com a própria vivência essas relações e conceitos.

A.3 – Linhas do tempo

A aula após a aplicação da avaliação prévia apresenta dois propósitos: realizar uma revisão dos conceitos trabalhados no questionário aplicado e, principalmente, realizar uma ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele deverá saber, ao final da sequência de aprendizagem. Nessa aula é onde deve ser desenvolvido o equivalente ao organizador prévio, em conformidade com a prescrição ausubeliana.

Lembremos que o organizador prévio é uma chave fundamental para facilitar a aprendizagem significativa, pela sua capacidade de manipulação da estrutura cognitiva, ao criar as “pontes” que devem ligar as informações prévias com as novas informações. A utilização desse instrumento foi pensada para também realizar a ambientação dos estudantes ao contexto histórico. Para tanto, optamos por confeccionar uma linha do tempo.

A linha do tempo contempla desde as primeiras descobertas em eletricidade e magnetismo, e que influenciaram os trabalhos de Michael Faraday sobre a indução eletromagnética, até um breve resumo dos trabalhos de James Clerk Maxwell. As instruções detalhadas encontram-se explícitas, ao longo dessa seção.

Além dessa linha do tempo, utilizada como organizador prévio, será utilizada também uma linha do tempo que desempenhará um papel semelhante à de um mapa conceitual, pois seu objetivo, além de ordenar cronologicamente e dar sentido histórico, é também o de concatenar conceitos. Porém, essa última linha do tempo deve ser confeccionada pelos alunos. As instruções a serem passadas aos alunos encontram-se explícitas ao longo dessa seção.

A.3.1 – Linha do tempo – Organizador prévio (Professor)

Sugere-se que a aula para apresentação da linha do tempo do professor tenha duração de uma 1h/aula e que o material utilizado seja disponibilizado para os alunos, pois é interessante que eles possam usá-lo como base para preparação de atividades posteriores.

Esse material é contemplado, em sua composição, com informações que vão desde as primeiras descobertas e os primeiros estudos sobre eletricidade e magnetismo,

até um breve resumo dos trabalhos de J. C. Maxwell, de forma que abranja os conceitos físicos mais básicos ligados ao eletromagnetismo: carga elétrica, corrente elétrica e campos elétrico e magnético. Esses conceitos são aqueles que antecederam a descoberta da indução eletromagnética. Assim, estaremos abordando os conceitos que foram investigados na avaliação prévia, além de possibilitar a ligação entre os conceitos que provavelmente já estão presentes na estrutura cognitiva dos alunos (carga elétrica, corrente elétrica e campo elétrico) e os novos conceitos que deverão ser apresentados e aprofundados, ao longo da aplicação desse produto educacional (campo magnético e indução eletromagnética).

A escolha de cada informação histórica que compõe essa linha do tempo foi feita de forma a que se relacionem diretamente com os conceitos físicos centrais a serem trabalhados, nessa sequência didática. Evita-se trazer informações que, apesar de muito importantes para o desenvolvimento do eletromagnetismo, não apresentam grande contribuição para o processo de ensino-aprendizagem a que o estudante deverá ser submetido, ao longo da aplicação deste produto, uma vez que não se referem nem aos subsunçores, nem aos conceitos que se pretende ensinar.

Acrescente-se que a apresentação da linha do tempo deve ser feita concretamente, através de pôster ou painel, e, principalmente, em escala, pois é fundamental que o aluno tenha uma exata noção da dinâmica associada à construção do eletromagnetismo. A apresentação da linha do tempo em fragmentos (p. ex., em slides) é facultativa.

Tales de Mileto – Âmbar (séc. VI a.C)

- Filósofo grego antigo.
- Descobriu e/ou relatou o processo de eletrização, ao identificar que o âmbar, ao ser atritado com pele de animais, atraía objetos leves e secos.

Ao iniciar a apresentação da linha do tempo, é interessante que sejam resgatados conceitos que o aluno provavelmente já tem, como o de carga elétrica. Esse conceito pode ser já exemplificado com a apresentação da descoberta de Tales de Mileto (624 – 546 a.C.). Apesar de, naquela época, ainda não existir o conceito de carga elétrica, a descoberta de Tales representa um marco que dá início à narrativa da história da eletricidade. A escolha dessa informação, além de se remeter ao conceito de carga

elétrica, foi feita por existir uma relação direta com a questão 2, da avaliação prévia, que envolve o conceito de eletrização.

William Gilbert (1600 d.C)

- Escreveu o livro *De Magnete*, onde reuniu todo o conhecimento e a tradição acumulada a respeito dos fenômenos elétricos e magnéticos.
- Fez uma distinção clara entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos.
- Propôs a explicação para a orientação das agulhas das bússolas: a Terra é um grande ímã.

Desde os relatos de Tales de Mileto, séculos se passaram até o desenvolvimento dos trabalhos de William Gilbert (1600 d.C.). Ele era médico e também se interessava pelos fenômenos físicos. Gilbert escreveu o livro *De Magnete*, onde fez uma grande compilação de todos os fatos empíricos e míticos sobre o fenômeno do magnetismo. Ele foi capaz de diferenciar claramente os fenômenos magnéticos daqueles provenientes da eletricidade estática, mas considerava o magnetismo como fenômeno privilegiado: a chave para o entendimento do universo. Também escreveu sobre a Terra ser um ímã, justificando a orientação de uma agulha magnética como o resultado de seu alinhamento com a direção do campo magnético da Terra.

Benjamin Franklin (1747)

- Existência de um único fluido elétrico
 - ✓ Excesso desse fluido = carga positiva
 - ✓ Deficiência desse fluido = carga negativa
- Constatou experimentalmente a ausência de forças elétricas no interior de materiais condutores.
- Noção de conservação da carga elétrica.

Mesmo após se estabelecer a distinção entre forças elétrica e magnética, a natureza de cada uma dessas forças estava longe de ser compreendida. Por exemplo, não se sabia como explicar como elas podiam atuar invisivelmente à distância, entre alguns corpos, mas não entre outros. Assim, criaram meios materiais invisíveis e sutis como causas dessas forças e os chamaram de fluidos imponderáveis. Foram criados fluidos imponderáveis para explicação dos fenômenos elétricos e para a atribuição das

polaridades elétricas existentes. Havia cientistas que acreditavam na existência de dois tipos de fluidos elétricos e aqueles que apostavam na crença em apenas um fluido elétrico. Mediante essa divisão, Charles Dufay, em 1733, propôs a existência dos fluidos vítreo (positivo) e resinoso (negativo) e, em 1750, Benjamin Franklin propôs a existência de apenas um único fluido, e diferenciava a polaridade elétrica mediante o excesso ou a deficiência desse fluido, na matéria, em geral.

Franklin também contribuiu com a análise de condutores em equilíbrio eletrostático e com a noção de conservação de carga. Para ele, ao se atritar dois materiais, não ocorria “aparicação” de carga elétrica, mas, sim, uma transferência de fluido elétrico entre os corpos, de modo que a quantidade total de carga em um sistema isolado permanecesse constante.

A escolha da apresentação de algumas das contribuições de Franklin na linha do tempo pode ser associada com a necessidade de sedimentar o fato de que a propriedade de carga elétrica vem em duas qualidades ou “polaridades”, de acordo com o que foi tratado na questão 3, da avaliação prévia. A descoberta acerca dos condutores em equilíbrio eletrostático é de suma importância ser apresentada, pois além de ressaltar a relação entre carga elétrica, campo elétrico e força elétrica, faz a associação com a questão 5 da avaliação prévia, de modo que, novamente, o aluno pode ser instigado a relacionar conceitos que ele porventura já conhece, em novas situações.

Balança de Torção (1785 d.C.)

- Utilizada por Cavendish para verificar a lei da gravitação universal.
- Utilizada por Charles Coulomb para detectar a polaridade das cargas elétricas e a força existente entre duas esferas eletricamente carregadas.
- Permitiu corroborar a formulação matemática da força elétrica, hoje conhecida como lei de Coulomb.

Após a descoberta das qualidades elétricas, alguns cientistas começaram a se perguntar se seria possível tratar matematicamente o fenômeno da eletricidade. O modelo matemático mais evidente para a força elétrica era o da força gravitacional, que já havia sido testada quantitativamente, por Cavendish, por meio de um dispositivo denominado balança de torção. Em 1785, Charles Coulomb construiu uma balança de torção para detectar as diferenças de polaridades entre as cargas elétricas e, principalmente, para medir a força existente entre duas esferas carregadas eletricamente.

Nessa análise experimental, concluiu que a força elétrica exercida pelas esferas carregadas era proporcional ao inverso do quadrado da distância que as separava e também ao produto das respectivas quantidades de carga elétrica.

Interação entre corrente elétrica e magneto – Hans Christian Oersted (1820)

- Foi a primeira observação relatada de interação entre corrente elétrica e ímã.
- Inaugurou os estudos em eletromagnetismo.
- Descobriu o formato circular da ação produzida pela corrente elétrica.

Em 1820, Oersted fez um experimento que fundou o eletromagnetismo, no sentido de ir contra o pensamento de alguns cientistas de que os fenômenos elétricos e magnéticos eram obrigatoriamente independentes entre si. O seu experimento permitiu observar que uma corrente elétrica, ao passar por um condutor, desviava uma agulha magnética inicialmente orientada na direção do campo magnético da Terra.

Analisando por uma perspectiva atual, a deflexão da agulha acontece pois a passagem da corrente elétrica pelo fio condutor cria ao seu redor um campo magnético, capaz de interagir com a agulha imantada fazendo-a girar em um plano perpendicular ao plano que passa pelo fio que conduz a corrente elétrica. Para Oersted, ainda não existia a noção de campo, assim, ele concluiu que durante a passagem da corrente elétrica pelo fio, uma espécie de “nuvem de ação elétrica” se espalhava pelo espaço circunvizinho, e que se expressava por meio de um formato circular em torno do fio condutor.

Após Oersted publicar sua descoberta que inaugurou as pesquisas que uniram eletricidade e magnetismo, alguns cientistas tentaram avançar em pesquisas nessa área da física. Jean Biot e Félix Savart obtiveram uma fórmula que descrevia a força magnética gerada pelo fio de corrente, fundamentados em observações experimentais e buscando reproduzir o padrão newtoniano de ação inversamente proporcional ao quadrado da distância. André Marie Ampère foi quem, finalmente, elucidou a natureza do magnetismo, ao conceber o magneto como um material pleno de correntes elétricas microscópicas. Ele explicou o experimento de Oersted como uma interação entre a corrente no fio e as correntes microscópicas no ímã. Além disso, obteve a lei de força entre correntes elétricas. Vale ressaltar que, nessa época, também não existia ainda o conceito de campo, de modo que todos os fenômenos eram entendidos como resultado de interação instantânea, à distância.

Essa parte da história é essencial para a função de organizador prévio que requeremos para da linha do tempo, pois já apresenta os ingredientes que estão associados ao principal objetivo a ser desenvolvida, ao longo dessa sequência: a existência de uma relação entre corrente elétrica e magnetismo. Além disso, por tratar do conceito de campo magnético e de corrente elétrica, que foram prospectados na avaliação prévia, envolve também o assunto que diz respeito à questão 7.

Michael Faraday (1831)

- Criou o conceito de “linhas de força” para referir-se ao campo de ações elétricas e magnéticas que se espalha continuamente no espaço.
- Criou o experimento do motor homopolar.
 - ✓ Confirmar e tentar entender o experimento de Oersted.
 - ✓ Geração de movimento a partir da corrente elétrica na presença de campo magnético.
 - ✓ Explicação complementar: torques mútuos entre fontes de campo magnético e força de Lorentz.
- Criou o experimento do disco de Faraday.
 - ✓ Primeiro gerador de energia elétrica.
 - ✓ Confirmar a possibilidade de gerar corrente elétrica através do movimento relativo entre o condutor e as linhas de campo magnético.
 - ✓ Explicação complementar: indução eletromagnética e força de Lorentz.

Na primeira metade do século XIX, Michael Faraday começou a trabalhar com o eletromagnetismo e se inspirou no experimento de Oersted para realizar seus trabalhos. Uma de suas primeiras descobertas foi o motor homopolar, o qual foi utilizado para confirmar e tentar entender o trabalho de Oersted. Com o auxílio desse experimento, foi possível exibir o caminho das linhas de força magnética geradas pela ação da corrente elétrica. De fato, a passagem de corrente elétrica pelo fio condutor móvel gerava, ao seu redor, um campo magnético que era capaz de interagir com o campo magnético do ímã fixado na montagem experimental⁵. Faraday criou o conceito de linhas de força para explicar o modo como as ações elétrica e magnética podiam operar à distância, de modo

⁵ Mais informações sobre montagem e explicação teórica nas seções A.5.1 e A.6.1.

a se propagar continua e localmente no espaço. O conceito de linhas de força pode ser, legitimamente, considerado o precursor do moderno conceito de campo.

O motor homopolar permite fazer com que a corrente elétrica produza movimento, e pode ser explicado, alternativamente, por meio de uma abordagem mais moderna, ou seja, pela ação da força de Lorentz, ou por meio de uma abordagem mais compatível com o que se conhecia na época de Faraday, ou seja, apenas invocando o modo como duas fontes de campo magnético (corrente e ímã) interagem, no sentido de produzir torques mútuos.

Depois da descoberta experimental da indução eletromagnética como um fenômeno eletrodinâmico associado ao movimento relativo entre condutores e campos magnéticos, Faraday desenhou muitos outros experimentos. Um deles apresentava uma forma um tanto quanto “disfarçada” do fenômeno da indução eletromagnética. Esse experimento ficou conhecido como disco-dinamo de Faraday. Ele mostra como um campo magnético estático gera uma corrente elétrica a partir da rotação de um condutor circular submetido a esse campo. Faraday podia explicar esse fenômeno como um exemplo de indução eletromagnética, pois ele concebia a indução como sendo um efeito gerado pela ação de “cortar” linhas de campo magnéticas com um condutor em movimento.

Modernamente, esse fenômeno é explicado como um exemplo da força de Lorentz. Porém, se se considera que a indução eletromagnética se deve exclusivamente ao movimento relativo, torna-se evidente que existe um sistema de referência, em repouso com relação ao disco, no qual a explicação para a presença da corrente elétrica deve ser provida pela ação de campos elétricos induzidos, já que, efetivamente, há variação temporal (e espacial) dos campos magnéticos.

O disco de Faraday permite transformar energia mecânica em energia elétrica e, portanto, pode ser interpretado como um dispositivo de ação oposta ao do motor homopolar⁶.

Embora Faraday tenha realizado vários outros experimentos, para a composição dessa linha do tempo, seus trabalhos são associados a apenas esses dois experimentos e ao conceito de “linhas de forças”, pois eles se referem justamente aos conceitos centrais dessa sequência didática: campo magnético e indução eletromagnética.

⁶ Mais informações sobre montagem e explicação teórica nas seções A.5.2 e A.6.2.

Nesse momento da linha do tempo, o aluno já estará perante informações que provavelmente não lhe são conhecimentos prévios. Aqui, a linha do tempo começa a funcionar como instrumento de organização prévia, propriamente dita, uma vez que apresenta material novo, estruturado em um nível de abstração um pouco mais elevado e que, no desenrolar da aplicação da sequência, pretende invocar os subsunçores potenciais que permitirão realizar o seu papel de pontos de ancoragem para alcançar a assimilação.

Pós Faraday – James Clerk Maxwell (1855 – 1865)

- Matematizou os trabalhos de Faraday.
- Unificou o eletromagnetismo e a óptica.
 - ✓ Demonstrou que campos elétrico e magnético podem se propagar como uma onda a velocidade da luz.
 - ✓ A luz é uma onda eletromagnética.
- As 4 equações de Maxwell forneceram a base para a teoria da relatividade de Einstein.

Após Michael Faraday desenvolver os seus trabalhos experimentais que forneceram o conceito de campo e a explicação a respeito do fenômeno da indução eletromagnética, James Clerk Maxwell debruçou-se sobre eles e os matematizou, provendo uma linguagem matemática para as linhas de força de Faraday. Ele foi além: sintetizou todas as leis do eletromagnetismo e acrescentou uma correção que permitiu demonstrar que os campos elétricos e magnéticos podem se propagar como uma onda de velocidade exatamente igual à da luz, indicando de forma praticamente determinante que a luz devia ser uma onda eletromagnética. Com isso, ele unificou o eletromagnetismo e a óptica. Seu trabalho (as 4 equações de Maxwell) forneceram a base para a criação da teoria da relatividade de Einstein.

Apresentar o trabalho de Maxwell nessa linha do tempo representa fechar o ciclo de desenvolvimento do eletromagnetismo clássico, além de mostrar que uma descoberta se complementa pela contribuição de vários cientistas, sejam eles antecessores, sejam eles sucessores.

A.3.2 – Linha do tempo – Aluno

Essa nova linha do tempo desempenhará um papel semelhante a um mapa conceitual, no sentido de prover ligações entre conceitos, mas auxiliadas pelo elemento histórico. Sugere-se que os alunos exponham suas linhas do tempo, construídas em escala. Sugere-se, também, que uma aula antes da aplicação das avaliações posteriores seja destinada para a discussão das linhas do tempo de cada um dos grupos, diante de toda a turma, para tornar o conhecimento a respeito de diferentes aplicações do eletromagnetismo (que explicamos, a seguir) acessível a todos os estudantes, de forma a ampliar o processo de aprendizagem.

Para a confecção da linha do tempo, os alunos devem ser divididos em grupos (com mais ou menos quatro componentes) para que possam, ao longo de toda a sequência, trabalhar em colaboração para a realização de uma construção mais efetiva dos conceitos apresentados ao longo da aplicação desse produto. É interessante que a divisão dos grupos e a instrução a respeito da construção da linha do tempo sejam feitas logo após a utilização do material-organizador prévio, pois, desse modo, o aluno terá a oportunidade de articular ideias e informações a medida que forem apresentados os novos conceitos nas próximas aulas.

A linha do tempo dos alunos deve contemplar, no mínimo, os trabalhos dos seguintes cientistas: Franklin, Ampère, Faraday, Maxwell e Oersted. Além disso, cada grupo deve apresentar, em sua linha do tempo, uma aplicação do eletromagnetismo. Sugere-se que sejam solicitadas as aplicações que estão presentes nas cartas do jogo Perfil Eletromagnético (que é parte desse produto): bluetooth, celular, computador, eletroímã, fone de ouvido, gerador de eletricidade, hidrelétrica, Maglev, microfone, touchscreen, wifi. Caso queira adicionar/retirar alguma aplicação, é interessante que se providencie a inclusão de novas cartas no jogo, para que depois ele sirva como parte da verificação de aprendizagem.

Tendo em vista impulsionar o processo de aprendizagem dos estudantes, é interessante que eles sejam incentivados a estudarem fora da sala de aula, o que tornará a tarefa de construir uma linha do tempo mais fácil. Assim, foram elencadas algumas tarefas de casa para auxiliar os grupos no processo de confecção de suas linha do tempo. As distribuições dessas tarefas podem ser feitas gradativamente (aula a aula) ou todas de uma vez a partir do instante em que os grupos de alunos forem divididos. Seguem as atividades:

- Tarefa de casa 1: Sugere-se que seja assistido o vídeo “*Ampère e o eletromagnetismo*”⁷.
 - ✓ Solicite que cada aluno faça um resumo no caderno.
- Tarefa de casa 2: Sugere-se que seja assistido o vídeo “*Michael Faraday*”⁸.
 - ✓ Solicite que cada aluno faça um resumo no caderno.
- Tarefa de casa 3: Sugere-se que seja assistido o vídeo “*História Eletricidade – A Era da invenção*”⁹.
 - ✓ Solicite que cada aluno faça um resumo no caderno.
- Tarefa de casa 4: Solicite que o grupo apresente um esboço das informações das linhas do tempo que estão sendo construídas antes da confecção da versão final.

Caso queira acrescentar outra(s) atividade(s) para auxiliar a sua turma, fique a vontade!

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=quMdoPmNSIY>

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=kEew8rdW2Wo&t=1s>

⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=8NN880JDP8M>

A.4 – Campo magnético: o experimento de Oersted e as linhas de força de Faraday

O cerne dessa etapa (prevista em 1h/aula) é trabalhar os conceitos de linhas de força/campo magnético e a geração de campo magnético por corrente elétrica (experimento de Oersted).

Para que a aprendizagem da indução eletromagnética seja realizada com efetivo auxílio da história, é bastante interessante que os conceitos físicos sejam tratados o mais próximo possível da realidade de sua época. Dessa forma, é interessante que o aluno seja apresentado ao conceito de campo através do conceito de linhas de força.

O conceito de linhas de força foi criado por Faraday com o objetivo de explicar o modo como as ações elétrica e magnética podiam ser transmitidas, localmente (continuamente), no espaço, evitando as dificuldades associadas com a compreensão de forças instantâneas de ação à distância. A forma como as linhas de força ocupam o espaço pode se tornar menos abstrata, para o estudante, quando elas são visualizadas através de limalhas de ferro.

Embora não seja imprescindível, é interessante que os conceitos de campo magnético e elétrico sejam sempre apresentados em termos de linhas de força, ao longo da aplicação dessa sequência, fazendo, assim, da abordagem histórica uma ferramenta de real auxílio. Também é importante ressaltar que o conhecimento do conceito de campo (em geral) pode ter sido apresentado pelos estudantes, na avaliação prévia, porém, esse conceito deve ser incrementado na apresentação das suas características principais e distintivas, como presente no quadro 1.

Quadro 1 – Diferenciação entre linhas de força elétrica e magnética.

Linhas de força elétrica	Linhas de força magnética
Caminho seguido por cargas elétricas pontuais.	Direções em que ímãs e espiras de corrente procuram se alinhar.
Tem origem e fim em cargas elétricas pontuais, e podem se espalhar para o infinito (linhas abertas).	São produzidas por ímãs e fios de corrente, mas sempre são fechadas no espaço.

Segue o passo-a-passo para construção da demonstração da caixa com limalha de ferro.

Quadro 2 – Materiais para construção da caixa de limalha de ferro.

Materiais
Limalha de ferro
Um recipiente de plástico transparente com tampa
Ímã
Fita adesiva transparente
Papel contact transparente

Construímos a caixa da limalha de ferro, da seguinte forma:

- I. Despejamos limalha de ferro dentro do recipiente de plástico.
- II. Tampamos o recipiente.
- III. Na divisão entre a tampa e o recipiente, vedamos com fita adesiva transparente.
- IV. Encape a caixa com papel contact.
- V. Após a vedação, a demonstração está pronta, é só aproximar o ímã da montagem para verificar a formação de linhas de força por meio da interação da limalha e do magneto.

A utilização da caixa vedada possibilita a manipulação dessa demonstração pelos próprios alunos, evitando possíveis acidentes caso haja contado dos alunos com a limalha diretamente.

Ao realizar a abordagem do experimento de Oersted, é importante ressaltar que esse foi o momento inicial do processo de unificação da eletricidade com o magnetismo, pois foi a primeira constatação da geração de campo magnético por meio da corrente elétrica. Esse experimento foi o propulsor para uma “corrida científica”, onde vários cientistas da comunidade científica tentaram explicar esse experimento, e que, inclusive, inspirou os trabalhos de Faraday.

A.5 – Indução Eletromagnética no Laboratório: experimentos do Disco de Faraday e do Motor Homopolar

O principal objetivo dessa sequência didática é ensinar o fenômeno de indução eletromagnética levando em conta seu desenvolvimento histórico. Para isso, é bastante apropriado a estratégia de reprodução de experimentos históricos que contribuíram diretamente para o seu desenvolvimento. Desse modo, foram escolhidos dois experimentos históricos de Faraday para serem “reconstruídos”: Motor Homopolar e Disco de Faraday.

Dentre vários experimentos de Michael Faraday que retratam o fenômeno da indução eletromagnética, por que escolher esses dois? Primeiramente, porque o motor homopolar foi um dos primeiros experimentos construídos por Michael Faraday, a respeito dessa área de sua pesquisa. Já o disco-dínamo tem uma importância na história da tecnologia, já que ele é a primeira forma de gerador de corrente já concebida. Os dois experimentos, tomados em conjunto, são complementares: o motor homopolar converte energia elétrica em movimento, enquanto o disco-dínamo faz o oposto. Isso enriquece o processo ensino-aprendizagem e permite formular o problema da interconvertibilidade das formas de energia de maneira relativamente completa. Por último, ambos chamam atenção, visualmente, quando em funcionamento.

Essa é a principal atividade dessa sequência didática, pois é nela que o aluno estará em contato direto com o fenômeno da indução eletromagnética a partir da manipulação experimental direta. Durante a execução dos experimentos em grupo, e com o auxílio de um roteiro, o estudante ainda tem a oportunidade de realizar questionamentos “semelhantes” aos feitos por Faraday. Ainda durante essa atividade, é possível estimular os alunos a tentarem construir algumas explicações próprias a respeito das relações entre corrente elétrica e campo magnético. Não se espera que eles produzam explicações corretas, nem se sugere que se dedique tempo demasiado para essa tarefa, já que o objetivo não é implementar uma estratégia de aprendizagem por descoberta. O que se quer é obter material informativo adicional sobre que tipos de concepções e explicações os alunos tendem a produzir. Em momentos posteriores da aplicação da sequência, essas respostas podem orientar o professor no que se refere ao modo como apresentará a teoria da indução eletromagnética. E, também de modo extremamente interessante, dará ao professor uma oportunidade adicional de mostrar em

que consiste uma explicação propriamente científica (logicamente e causalmente concatenada), em contraposição a outros tipos de explicação. Isso é bastante importante para corrigir o pensamento “mágico”, entre os alunos, ou seja, a tendência que têm de conectar fenômenos por meio de recursos considerados não-científicos, como o teleologismo (a ideia de que há um propósito ou fim de acordo com o qual a natureza operaria, invertendo a relação causa-efeito) ou o “associacionismo” (a ideia de que uma mera relação de proximidade entre noções ou conceitos é suficiente para estabelecer uma conexão de natureza física.

Nessa aula, você, professor, exerce o papel de mediador, auxiliando em ocasionais dúvidas que surgirem a respeito da manipulação experimental pelos alunos. Caso os questionamentos sejam direcionados para a parte teórica, sugere-se induzir o aluno a refletir, em conformidade com o que dissemos acima.

A.5.1 - Motor Homopolar

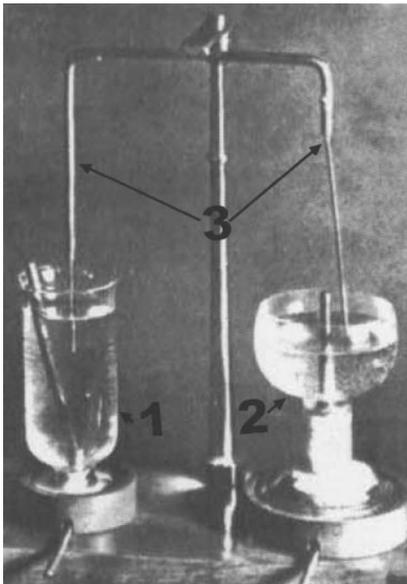


Figura 1 Motor Homopolar de Faraday. Fonte: Projeto Havard, cap.15, p.78.

O experimento original é constituído por dois recipientes preenchidos com mercúrio, como representado na Figura 1. No fundo do recipiente da esquerda (1), uma barra metálica magnetizada tem apenas a sua ponta inferior fixada de modo que o restante dela fique livre e possa girar em torno de uma haste fixa, na vertical superior (3), quando houver passagem de corrente elétrica por essa haste e pelo mercúrio. Já o recipiente da direita (2), tem uma barra metálica magnetizada completamente fixa no seu fundo e uma haste metálica na vertical superior (3), mergulhada no mercúrio, com apenas a sua ponta de suspensão fixada, de modo que ela gire livremente, ao

passar corrente.

Para o uso no laboratório, esse experimento foi adaptado e construído apenas com o recipiente 2, pois apenas esse lado já é suficiente para representar o fenômeno da “rotação eletromagnética”, referente à interação do entre os campos magnéticos produzidos pela corrente elétrica e pelo ímã. A exclusão do recipiente 1 na nossa

montagem no laboratório torna o experimento mais fácil e acessível (financeiramente) para ser confeccionado.

No quadro 3, encontra-se a comparação entre os materiais usados originalmente e os usados no motor construído nessa sequência.

Quadro 3: Materiais para o experimento do Motor Homopolar

Motor Original	Motor Atual
Mercúrio	Água com sal
Dois recipientes	Um recipiente de plástico
Haste de metal	Fio de cobre desencapado e lixado
Ímã	Ímã
Suporte de Metal	Suporte de Metal em forma de L
Base de madeira	Base de madeira
Fios	Fios e pegadores de metal
-	Papel alumínio
Bateria	Bateria
-	<i>Durepox</i>
-	Base de metal (tampa de lata)

A adaptação de alguns materiais foi feita, inicialmente, por não montarmos os dois recipientes do experimento. Também trocamos alguns materiais como o mercúrio por água com sal devido à dificuldade de obtenção e a preocupação com a exposição dos alunos a um material tóxico. E a inclusão do papel alumínio se fez para criação de uma superfície condutora de corrente entre o líquido e o restante do circuito, já que o recipiente para o líquido não é de metal.

Construímos o motor mostrado na figura 2, que foi organizado da seguinte forma:

- I. Um suporte de metal em forma de L, altura aproximada de 30 cm, foi fixado utilizando *Durepox* na base de madeira. Na sua ponta livre superior, foi feito um pequeno gancho.

- II. Uma haste de metal, de extensão de aproximadamente 15 cm, feita de fio de cobre desencapado e lixado foi presa ao gancho presente na ponta do suporte metálico construído no passo I.
- III. Na borda do recipiente de plástico foi colocada uma tira de alumínio de modo que ela estivesse tocando o fundo do recipiente e uma ponta dela estivesse dobrada para o lado de fora do recipiente.¹⁰
- IV. Embaixo e do lado de fora do recipiente foi colocado uma tampa de metal antes de colocar o ímã, para evitar que ele ficasse caindo ou fosse atraído pela haste.
- V. Dentro do recipiente foi colocado o ímã e preenchido com água e sal até quase cobrir o ímã.
- VI. Para acionar o funcionamento, foi ligado um conjunto fio-pregador ao suporte de metal e outro ao papel alumínio e, finalizando, foram colocados cada um dos conjuntos fio-pregador em um polo da bateria.

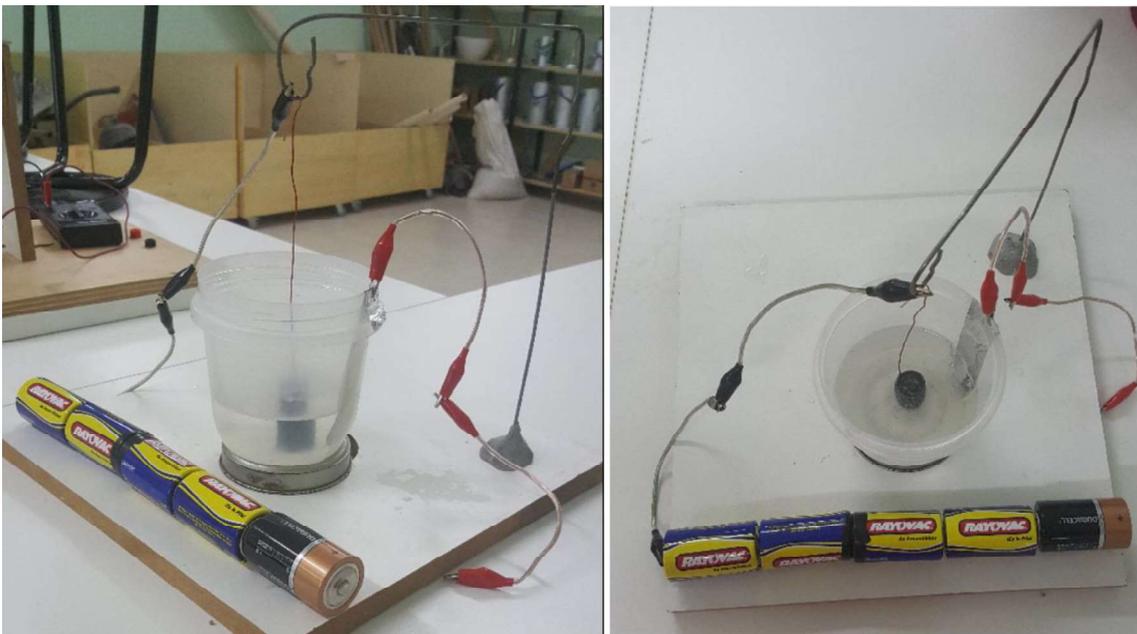


Figura 2 Construção do Motor Homopolar para uso no laboratório.

¹⁰ Essa etapa pode ser substituída pelo uso de um recipiente já de metal.

A.5.2 - Disco de Faraday

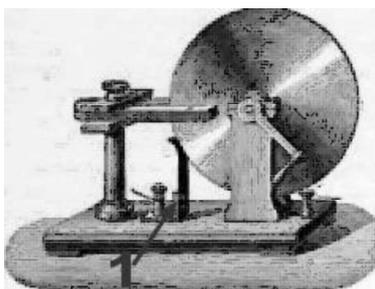


Figura 3 Disco de Faraday

O disco de Faraday originalmente era constituído por um disco de cobre entre dois polos magnéticos fixos e constantes, como na figura 3. Para fechar o circuito, com o disco em rotação, e realizar a conexão do disco com um galvanômetro, Faraday colocou um condutor de metal, chamado de escova (1). Quando esses condutores estavam em contato com o disco, fechavam um circuito, permitindo a passagem da corrente elétrica.

Para utilização no laboratório, foi construído um experimento utilizando os materiais presentes no Quadro 4.

Quadro 4: Materiais do Disco de Faraday

Disco Original	Disco Atual
Disco de cobre	Disco de alumínio
Ímãs	Ímãs
Galvanômetro	Multímetro
Eixo central de metal	Eixo central de metal (estilo grande parafuso)
Manivela	Manivela
Base de madeira	Base de madeira
2 placas retangulares de madeira	3 placas retangulares de madeira
Condutor de metal (pequena placa metálica)	Condutor de metal (pequena placa metálica)
Fios	Fios
-	Pegadores de metal
-	Três arruelas
-	Parafuso
-	Um apoio de metal em forma de U

Utilizamos¹¹ o disco mostrado na figura 5, que foi construído da seguinte forma:

- I. Fixamos duas placas de madeira na base de madeira, paralelas entre si, com um espaçamento de 8 cm aproximadamente entre si.
- II. Fixamos a outra placa de madeira, perpendicular as placas do passo I, com a distância aproximadamente igual ao raio do disco.
- III. Fixamos o apoio de metal “U” no topo da placa do passo II com o auxílio de parafusos.
- IV. Entre as placas de madeira do passo I, colocamos o disco de metal apoiado ao eixo centro. Em cada lado do disco foi colocada uma arruela para evitar que o disco não fique fixo no eixo.
- V. Em uma extremidade do eixo central (externa a montagem de madeira), foi acoplada a manivela, do outro lado foi colocada uma arruela para que o eixo não escapasse da montagem de madeira.
- VI. Na base de madeira foi fixado um condutor de metal, deixando a sua extremidade livre em contato com o disco.
- VII. No topo de uma das bases de madeira do passo II foi fixado um fio perpendicularmente a ele. As duas extremidades dos fios estavam desencapadas. A extremidade que apontava para o disco deveria está triscando nele. Dica: dobre um pouco a ponta do fio, para aumentar a superfície de contato entre ele e o disco.
- VIII. Coloque os ímãs no suporte de metal “U”.

Depois de finalizada a montagem do experimento foram feitas as ligações do circuito elétrico da seguinte forma:

- I. Um conjunto fio-pregador foi ligado na escova de metal.
- II. Um conjunto fio-pregador foi ligado ao fio que está encostado no disco.
- III. As pontas dos fios dos passos I e III foram ligadas ao multímetro.
- IV. O multímetro foi ligado na função de amperímetro.

¹¹ Agradeço à minha colega do MNPEF Ingrid de Souza Rodrigues Duarte por disponibilizar a sua montagem do Disco de Faraday para a aplicação desse projeto.

Para testar o funcionamento do experimento, basta girar a manivela até atingir uma velocidade suficiente que gere medição de corrente elétrica no multímetro. Rotações do disco em direções opostas fornecem correntes elétricas em direções opostas: do eixo para as bordas ou das bordas para o eixo.

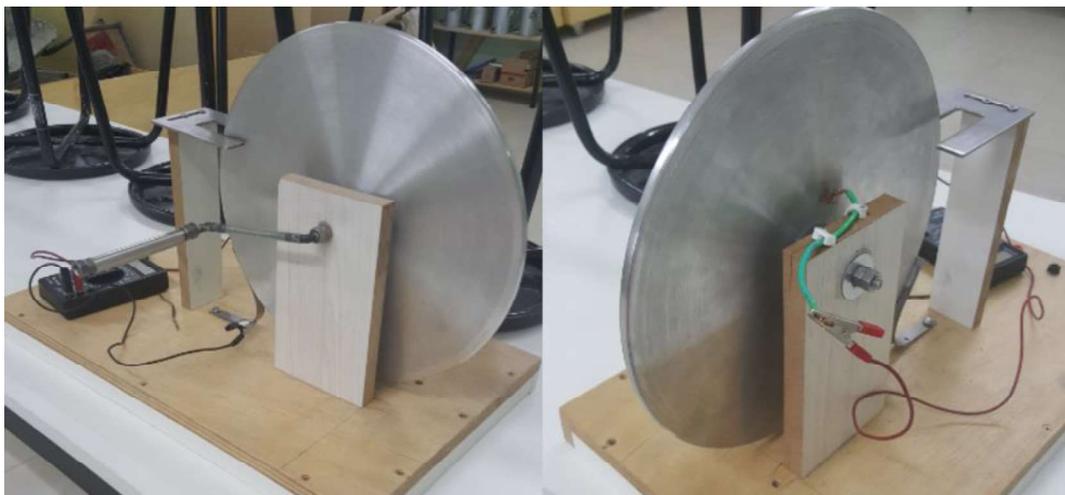


Figura 1 Construção do Disco de Faraday para uso no laboratório.

Para esta etapa, com uma duração estimada de 2h/aula, sugere-se que os alunos sejam divididos em grupos compostos por 3 ou 4 alunos, para uma boa fluidez das atividades experimentais.

Para a realização dos experimentos, cada grupo receberá um roteiro (A.11), o qual desempenha duas funções: ambientar o aluno às práticas que serão realizadas no laboratório e verificar, por meio de perguntas, os resultados qualitativos obtidos na prática realizada pelos grupos.

Como já esclarecemos, o objetivo dessas atividades é que os estudantes, ao manipularem os aparatos experimentais, se deparem com os fenômenos de geração de movimento a partir de corrente elétrica, na presença de campo magnético, e de geração de corrente elétrica a partir de movimento, na presença de um campo magnético, e consigam formular algumas ideias para tentar explicar os resultados.

Como essa proposta só visa a construção de um aparato experimental de cada tipo, então sugerimos que cada grupo porte um aparelho celular para gravação dos experimentos, para consultas futuras caso necessitem responder as perguntas presentes

no roteiro. É interessante que os roteiros preenchidos sejam entregues ao professor no final dessa aula, para que essas respostas sejam utilizadas como base para o professor guiar a próxima aula.

A.6 – Indução Eletromagnética na Teoria: aula expositiva sobre o funcionamento do Disco de Faraday e do Motor Homopolar

Nessa etapa (1 h/aula), o objetivo é aproveitar a explicação dos experimentos, em particular, o do disco, para introduzir o conceito de indução eletromagnética. Como essa sequência se vale da abordagem histórica, sugere-se que o conceito de campo seja apresentado através do conceito de linhas de força, em conformidade com o emprego de Faraday. Da mesma forma, a explicação da indução eletromagnética pode valer-se da ideia de “cortes de linhas de força”, antes de, propriamente, introduzir sua explicação mais moderna, em termos de força de Lorentz, ou ainda, variação temporal de fluxo de campo magnético associada com a noção de equivalência de descrições em movimento relativo.

Ao se desenvolver essa etapa, é interessante que sejam abordadas, novamente, as questões presentes no roteiro da aula de laboratório. Com isso, podemos instigar os alunos à participação, expondo as possíveis construções conceituais, equivocadas ou não, que estabeleceram na aula anterior, ao longo da prática experimental. Contudo, o objetivo mais importante é aproveitar para eliminar as concepções equivocadas que foram produzidas e, inclusive, mostrar aos alunos como e porquê muitas de suas concepções se afastavam do modo científico de pensamento.

A.6.1 – Explicação do Motor Homopolar

Como já sabemos, para o uso no laboratório dessa sequência didática, esse experimento foi adaptado e construído apenas com o recipiente 2, como presente na Figura 1.

Modernamente, uma maneira de entender a rotação da haste de metal em torno do ímã é através da Força de Lorentz, que atua transversalmente ao fio que passa a corrente elétrica. Ao contrário do que alguns cientistas pensavam na época, esta força não era proveniente de forças de atrações e repulsões entre os componentes do aparato experimental. A força de Lorentz gera um torque no fio fazendo com que este se movimente circularmente em torno do seu eixo com uma velocidade angular. Uma visão alternativa, mas completamente equivalente àquela baseada na força de Lorentz, é a seguinte: podemos dizer que o fio condutor gera um campo magnético circular ao seu redor, e o campo magnético do fio interage com o campo magnético do ímã, produzindo

um torque sobre o fio, portanto a sua rotação. O fio de corrente sofre o torque em razão da tendência do ímã se alinhar com o campo magnético produzido pelo fio. Como o ímã está fixo, o fio de corrente é forçado a se movimentar de modo, causando um movimento circular, ou seja, o mesmo das linhas de força do ímã.

A.6.2 - Explicação Disco de Faraday

A explicação de Faraday para esse experimento era baseada no princípio de cortes de linhas de força por um condutor elétrico, conforme mencionado acima, o que induzia a produção de uma corrente elétrica nele.

Por outro lado, a explicação moderna consiste em se considerar o movimento relativo entre o condutor e o magneto. O campo magnético transversal, produzido pelo magneto, atua sobre os portadores de carga do condutor metálico, em rotação, através da força de Lorentz. Essa força gera uma corrente superficial na direção radial da borda do disco para o seu eixo de rotação, ou vice-versa, a depender do sentido da rotação imprimida.

Embora possa parecer, à primeira vista, que o fenômeno do surgimento da corrente elétrica, no disco de Faraday, não esteja ligado com o conceito de indução eletromagnética, essa aparência é errônea. De fato, o elemento mais importante, no que se refere ao fenômeno de indução eletromagnética, é a ideia do movimento relativo entre condutor e campo magnético. Nesse sentido, se observarmos o mesmo fenômeno considerando-se o referencial em que o disco está em repouso, enquanto o ímã gira ao seu redor, uma corrente elétrica radial aparecerá exatamente da mesma forma. Nesse caso, a explicação para o surgimento da corrente só pode ser fundamentada na ideia de que campos elétricos induzidos. De fato, os portadores de carga se movem exatamente sob ação de uma força elétrica, produzida como resultado da variação temporal do fluxo de campo magnético.

A.7 – Avaliação Final: jogo “Perfil Eletromagnético”

Para finalizar essa sequência de ensino e aprendizagem, foi desenvolvido o Jogo “Perfil eletromagnético” baseado nas regras de um jogo comercializável da GROW®. Esse jogo tem em sua composição: um tabuleiro; 55 cartas; 1 dado D8 (dado com 8 lados); 8 moedas grandes; 6 moedas pequenas e 5 peões.

No início do jogo, uma carta é sorteada. O objetivo do jogo é adivinhar o nome da carta, com no máximo oito pistas. A pista que será revelada será retirada com o auxílio do dado D8. Ao ter a pista revelada, o participante que rolou o dado tenta adivinhar a carta que pertence a um dado perfil (Cientista, Fenômeno, Conceito ou Dia-a-dia). Caso ele não acerte, outro jogador terá a oportunidade de rolar o dado. As regras detalhadas desse jogo estão nas Regras - *Perfil eletromagnético* (A.11).

A ideia é que, por meio do jogo, os alunos/jogadores testem seus conhecimentos sobre os conceitos, aplicações e história dos cientistas e dos fenômenos que foram estudados no desenvolver da sequência didática. A cada acerto, o aluno deve preencher, na *Ficha de Desempenho – Jogo Perfil eletromagnético*, Quadro 6, qual foi a carta acertada e quais dicas foram necessárias para o acerto. Lembre-se de aumentar o espaço disponível na Ficha de Desempenho, para o preenchimento das informações, caso a utilize como parte da sequência e de, na aula anterior à aplicação, solicitar que o aluno leia as regras do jogo.

Quadro 6: Ficha de Desempenho do Jogo Perfil eletromagnético

Ficha de Desempenho – Jogo Perfil eletromagnético	
A ficha deve ser preenchida seguindo os seguintes passos:	
<ol style="list-style-type: none">1. Acertou uma carta? Anote o nome dela no local indicado.2. Com quantas dicas? Anote os números de TODAS as dicas da jogada necessárias para que a carta tenha sido acertada por você.	
Carta <u>(EXEMPLO)</u>	Nº das

		dicas	
	Potência elétrica	01, 03, 08	
	Carta	Nº das dicas	

Através da análise da aplicação do jogo e das fichas de desempenho, há a possibilidade de avaliar os alunos de forma lúdica, realizando uma avaliação formativa e diagnóstica. Isso está de acordo com uma das prescrições ausubelianas, segundo as quais ambientes inovadores de avaliação são mais adequados para identificar aprendizagem significativa, no sentido de diferenciá-la da aprendizagem mecânica. É claro que esse tipo de avaliação torna possível, também, a análise da própria aplicação do produto educacional, no que se refere à sua eficiência em alcançar os objetivos propostos.

As cartas e o tabuleiro que compõe o jogo estão presentes no (A.12).

Para aplicação dessa etapa da sequência, sugere-se a utilização de uma aula dupla (2h/aula), para que haja tempo de que pelo menos um jogador de cada tabuleiro chegar á marcação final do tabuleiro (A.13). Caso não disponha desse tempo, utilize um tabuleiro menor ou adote a regra de que o campeão é o dono do peão que estiver mais na frente no tabuleiro.

A.8 - Avaliação final somativa

Caso o professor almeje fazer uma avaliação somativa para ter uma melhor resposta dos indícios de aprendizagem significativa dos alunos, sugere-se a avaliação de aprendizagem disponível (A.14).

Como a pesquisa que realizamos foi qualitativa, as avaliações dessa sequência têm como intuito colocar o aluno em uma nova situação problema, assim devem ser apresentadas situações novas a cerca dos novos conceitos estudados relacionando com os conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes. Essa prática é fundamentada da teoria ausubeliana na busca da apresentação de indícios de sucesso ao expor o indivíduo a novas situações problemas, das quais necessitam o uso dos conhecimentos recentemente adquiridos, porém não usados mecanicamente, possibilitando que o próprio estudante desenvolva soluções e questionamentos acerca de novas situações problemas.

A.8.1 – Análise das questões da avaliação somativa final

As questões da avaliação final somativa foram elaboradas embasando-se em características que buscam retomar todos os pontos desenvolvidos nessa sequência, tentando valorizar a preparação e desenvolvimento do aluno em diversas formas de aprendizagem. Assim, cada questão desempenha um papel crucial para a tentativa de identificação dos subsunçores dos alunos. Na frente de cada questão está apresentada a habilidade que se busca identificar, assim como na avaliação prévia; não se esqueça de tirar essas identificações nas questões na hora da aplicação.

Nessa seção será feita a análise de cada uma das questões para que você ao usar entenda a essência e necessidade de cada uma delas e caso necessário, possa adaptar para a sua turma sem perder as características necessárias para uma execução de sucesso dessa atividade.

Vamos nessa então!

<p><u>QUESTÃO 01</u> – Absorção do desenvolvimento histórico e contribuição dos cientistas.</p>
--

<p>Do final do século XVIII para o século XIX, os estudos na física se</p>
--

intensificaram nas áreas do calor, eletricidade e magnetismo. Alguns dos físicos da época apresentaram trabalhos referentes a essas áreas apoiados na crença dos fluidos imponderáveis. Esses fluidos eram meios atômicos e rígidos que comportavam a ocorrência de fenômenos físicos.

Em 1820, Hans Christian Oersted fez a primeira descoberta sobre a relação entre a eletricidade e o magnetismo, abrindo caminho para o desenvolvimento de estudos na área. Uma das descobertas posteriores foi a definição de linhas de força, realizada por Michael Faraday, que hoje chamamos de campo.

Conceito que substitui os fluidos imponderáveis.

De acordo com o texto acima e os conhecimentos sobre eletromagnetismo, **JULGUE** os itens.

1. A descoberta de Oersted foi em relação à geração de campo magnético na presença de uma corrente elétrica.
2. O experimento de Oersted detectou que efeitos magnéticos são perpendiculares à corrente elétrica.
3. Para Faraday, todo o espaço seria preenchido pelas linhas de forças magnéticas. A densidade dessas linhas seria correspondente à intensidade da força de interação entre os corpos.
4. O conceito de linhas de força de Faraday possibilitou uma explicação menos abstrata a respeito das forças de ação à distância.
5. Os fluidos imponderáveis magnéticos se comportam de forma a fluírem do polo norte para o polo sul.

QUESTÃO 02 - Absorção do desenvolvimento histórico e contribuição dos cientistas.

Em 1820, o físico Oersted, estudando a ação de uma corrente elétrica sobre um ímã, descobriu que quando colocada uma bússola paralelamente ao fio, esta sofria uma deflexão, acabando por orientar-se perpendicularmente a ela. Consequentemente, uma corrente produz um campo magnético. Os resultados de Oersted foram usados pelo físico Ampère, em 1826, para desenvolver matematicamente a relação entre a passagem de corrente elétrica em um condutor retilíneo e o surgimento de fenômenos magnéticos nele.

De acordo com o texto acima e os conhecimentos sobre eletromagnetismo,

JULGUE os itens.

1. Para Ampère, o campo magnético de um ímã era explicado pela presença de correntes moleculares no seu interior.
2. As linhas de forças magnéticas podem ser visualizadas através de limalhas de ferro.
3. A descoberta de Oersted possibilitou o desenvolvimento da unificação da eletricidade, magnetismo e luz, ao longo do século XIX.
4. Ao analisarmos a lei de Coulomb, verificamos a dependência dos fenômenos elétricos com o meio onde ocorrem.

As questões 1 e 2 apresentam um viés de resgate histórico, já que ao longo da sequência didática foi apresentada uma linha do tempo com esse desenvolvimento e como os alunos também tiveram que construir a sua própria linha do tempo, então é interessante tentar verificar possíveis absorções de conhecimento a respeito de fatos históricos do desenvolvimento do eletromagnetismo.

O modelo dessa questão é objetiva, pois na instituição que houve a primeira aplicação era necessário que as avaliações finais somativas fossem compostas por questões objetivas e subjetivas.

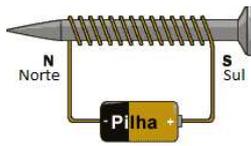
QUESTÃO 03 – Carga elétrica (verificar melhora em relação à avaliação prévia).

PREENCHA as lacunas com **a melhor classificação de carga** para a situação.

.Em dias secos, muito comuns em Brasília, pessoas que trabalham em ambientes acarpetados tomam várias pequenas descargas elétricas, ao tocarem em maçanetas, em objetos metálicos ou em outras pessoas. Sempre que os _____ são trocados entre corpos, temos uma descarga elétrica. Carpetes acumulam muitas cargas. Quando uma pessoa toca em um objeto condutor a troca de _____ leva a um choque, ou seja, há passagem de corrente elétrica pelo corpo do trabalhador.

QUESTÃO 04 – Corrente elétrica (verificar melhora em relação à avaliação prévia).

PREENCHA as lacunas com a melhor escolha para a situação.



O eletroímã, em sua versão mais simples, é constituído por um prego enrolado por um fio esmaltado, onde as pontas do fio são ligadas à uma pilha.

Essa montagem promove a passagem de _____ (**corrente elétrica / carga**) e transforma o prego em um grande _____ (**ímã / condutor**). Uma das aplicações de eletroímãs são os guindastes magnéticos, que são usados para de _____ (**atrair / repelir**) os carros nos ferro-velhos.

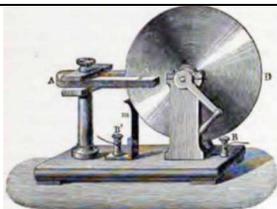
As questões 3 e 4 foram utilizadas algumas questões semelhantes as da avaliação prévia (3 e 7) para observar uma possível mudança nos subsunçores dos estudantes após a aplicação dessa sequência; mas cabe a você decidir quais questões da avaliação prévia se encaixam melhor para reaplicação para os seus alunos, já que a escolha é feita com base nas respostas obtidas na aplicação da primeira avaliação.

QUESTÃO 05 – Absorção da atividade experimental e do conceito de indução eletromagnética.

Em 1821 houve a primeira experiência relatada de Michael Faraday na área do eletromagnetismo. Ele repetiu a experiência de Oersted em uma montagem diferente, como na figura ao lado. Este foi chamado de Motor Homopolar.



De acordo com o experimento citado, **EXPLIQUE** o seu funcionamento.



Em 1831, Faraday fez a construção de um disco dínamo como na figura ao lado. Ele é constituído por um disco de cobre entre dois polos magnéticos fixos e constantes, uma escova de metal e um amperímetro. Foi classificado como o primeiro gerador de energia elétrica da história.

De acordo com o experimento, responda a **questão 06**.

QUESTÃO 06 - Absorção da atividade experimental e do conceito de indução eletromagnética.

EXPLIQUE o funcionamento do disco de Faraday.

Como já dito, a atividade central dessa sequência didática é a aula de laboratório, pois os alunos entram em contato direto com o fenômeno da indução eletromagnética. Assim, se torna um ponto chave para ser trabalhado em busca de indícios de aprendizagem significativa, desse modo as questões 5 e 6 foram confeccionadas para realizarem o aproveitamento do conteúdo aprendido no laboratório.

Da forma que as questões 5 e 6 cobram a explicação do experimento, é possível analisar o grau de compreensão do aluno, pois as respostas podem apresentar-se de duas perspectivas: por meio da explanação da execução realizada no laboratório ou pode apresentar-se como a explicação teórica por trás do fenômeno ocorrido.

QUESTÃO 07 - Conceito de indução eletromagnética.

EXPLIQUE a frase: “O movimento das linhas de força com relação ao fio condutor pode induzir uma corrente no fio”.

Ainda na perspectiva da atividade experimental, utilizando-se de uma atividade desenvolvida no Roteiro Experimental, a questão 7 cobra do aluno a interpretação de uma frase que explica o princípio da indução eletromagnética.

QUESTÃO 08 – Campo eletromagnético e Carga elétrica (habilidade do jogo Perfil eletromagnético).

Leia as dicas das cartas e **COMPLETE** o nome da carta.

a)

Meu nome é: _____
Diga aos participantes que sou um FENÔMENO

1. No vácuo, temos a mesma velocidade.
2. No fundo, não passamos de oscilações.
3. Somos campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si.
4. Uma característica nossa é a frequência.
5. Os humanos só podem ver um pedaço muito pequeno de nós.
6. As antenas nos captam, organizam e emitem.
7. Somos um tipo de propagação de energia.

b)

Meu nome é: _____
Diga aos participantes que sou um CONCEITO

1. Sou uma carga negativa.
2. O módulo de minha carga é de $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
3. Sou uma partícula elementar.
4. Gero um campo elétrico ao meu redor.
5. Quando me movo, gero um campo magnético.
6. Eu sou as passas do pudim.
7. Sou responsável pela corrente elétrica.

Mediante razões advindas da análise dos resultados da avaliação prévia, a questão 08 foi confeccionada com o enfoque do resgate das habilidades desenvolvidas para a aplicação do jogo Perfil eletromagnético (avaliação final – parte 1) associada a análise de características que determinam campo eletromagnético e carga elétrica. Novamente foi utilizada da associação de campo e ondas eletromagnéticas.

Caso você sinta a necessidade de trocar as cartas, ou acrescentar mais cartas nessa questão, não há problema! A única recomendação é que se atenha a conceitos/fenômenos/dia-a-dia que já tenham sido utilizados para a tentativa de identificação de subsunçores na avaliação prévia ou em outras atividades ao longo da aplicação desse produto, pois o resultado dessa avaliação final somativa pode apresentar indícios de aprendizagem significativa quando realizar resgate de conceitos anteriormente investigados, mas explorados em uma nova situação-problema.

A.9 – Avaliação prévia - montada

QUESTÃO 1

A tela sensível ao toque - *touch screen* - tem aparecido cada vez mais nos aparelhos eletrônicos. Seu funcionamento pode se dar por meio de pressão, calor ou interação elétrica. Um dos tipos de touch screen é o TFT (transistor de película fina) encontrado em tecnologias LCD. Essas películas são um tipo de sobreposição colocada em uma tela normal usada para registrar a interação de toque na tela. As telas de TFT funcionam medindo a interrupção da _____, assim o dedo humano é uma espécie de chave para acionar o circuito elétrico que põe em funcionamento a tecnologia touch screen.

QUESTÃO 2

Os corpos podem ser eletrizados de formas diferentes, de modo que haja uma reorganização, aquisição ou perda das cargas presentes no corpo. Um desses processos é a eletrização por atrito, na qual é necessário atritar dois corpos diferentes e, após, esse processo, estes passam a atrair novos corpos.

Uma brincadeira muito comum utilizando esse processo é o atrito de um balão nos cabelos de uma pessoa, que em seguida consegue levantar os fios de cabelo de outras pessoas sem tocar. A _____ entre o balão e o cabelo pode acontecer quando estiverem localizados a uma distância _____ um do outro, ou também, _____ a quantidade de carga elétrica do balão, através do atrito com o cabelo.

QUESTÃO 3

Em dias secos, muito comuns em Brasília, pessoas que trabalham em ambientes carpetados tomam várias pequenas descargas elétricas, ao tocarem em maçanetas, em outros objetos metálicos ou em outras pessoas. Sempre que os _____ são trocados entre corpos, temos uma descarga elétrica. Carpetes acumulam muitos _____. Quando uma pessoa toca em um objeto condutor a troca de

_____ leva a um choque, ou seja há passagem de corrente elétrica pelo corpo do trabalhador.

QUESTÃO 4

Aparelhos eletrônicos como celulares, modems, televisões e rádios apresentam antenas que servem para receber _____. Elas vem de torres que transmitem essas _____, tornando possível a realização de ligações, a utilização de *wifi* e a sincronização de estações de rádio e de televisão.

QUESTÃO 5

Um condutor é um material, como os metais, que permite a passagem de corrente elétrica. Para que haja uma _____, é preciso que exista um campo elétrico. Nossos corpos também são condutores, mas muito pobres, o que significa que, para tomarmos um choque, ou seja, para que a corrente elétrica passe pelo nosso corpo, o campo elétrico tem que ser _____. Acontece que os bons condutores têm a propriedade de cancelar o campo elétrico dentro deles. É por isso que as pessoas que estão dentro de um carro não são eletrocutadas se, durante uma tempestade, o veículo for atingido por um raio, mesmo que elas toquem na parte metálica interna. Mas, veja, isso só acontece se elas estiverem dentro, porque se colocarem a mão na parte metálica pelo lado de fora, serão torradas. Ou seja, existe _____ do lado de fora. Você pode achar que é por causa dos assentos, que são revestidos por tecido isolante, ou que é por causa dos pneus do carro, por serem de borracha. Mas isso não tem nada a ver!

QUESTÃO 6

O magnetismo é a capacidade que um objeto possui de atrair outros objetos, e esses objetos são chamados de magnéticos. As bússolas trabalham com base no magnetismo. O ponteiro das bússolas é um ímã que estabelece ao seu redor _____. Quando o ímã é colocado em um campo de outro ímã, ambos tentam se alinhar. Como sabemos, a Terra é um gigantesco _____,

mas, como a Terra tem muito mais massa que a bússola, a interação magnética entre ambas arrasta somente o seu ponteiro. Este é o princípio de seu funcionamento.

QUESTÃO 7

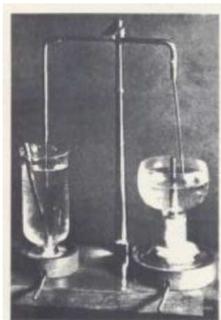
O eletroímã, em sua versão mais simples, é constituído por um prego enrolado por um fio esmaltado, onde as pontas do fio são ligadas à uma pilha.

Essa montagem promove a passagem de _____ e transforma o prego em um grande _____. Uma das aplicações de eletroímãs são os guindastes magnéticos (presentes em filmes), que são usados para de _____ os carros nos ferro-velhos.

A.10 – Roteiro Experimental – Disco de Faraday e Motor Homopolar.

Objetivo

Identificar a relação entre corrente elétrica e campo magnético através da reprodução de experimentos históricos de Michael Faraday.

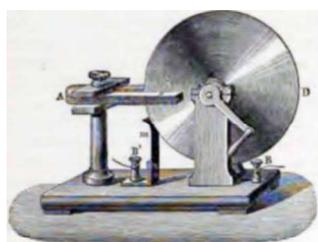


Introdução

Em 1821 houve a primeira experiência relatada de Michael Faraday na área do eletromagnetismo. Ele repetiu a experiência de Oersted em uma montagem

diferente, como na figura abaixo. Este foi chamado de Motor Homopolar.

É constituído por dois recipientes com mercúrio. No recipiente da esquerda uma barra metálica é fixada no fundo de modo que pode girar em torno de uma haste fixa mediante passagem de corrente elétrica. E o recipiente da direita tem um ímã fixado no seu interior e uma haste onde passa corrente que gira livremente.



Em 1831, Faraday fez a construção de um disco dínamo (um gerador) como na figura abaixo.

Ele é constituído por um disco de cobre entre dois pólos magnéticos fixos e constantes. Para manter o contato entre o disco de metal e as outras extremidades ligadas a um aparelho amperímetro (medidor de corrente elétrica)

colocou condutores de metal. Quando esses condutores estavam em contato com o disco (escova), fechavam um circuito, gerando uma corrente elétrica. Lembrando que esta corrente só apresentava continuidade enquanto houvesse movimento no disco em relação aos pólos dos ímãs.

Materiais

Os experimentos executados no laboratório, representam os mesmos princípios dos experimentos originais, porém com algumas alterações nas confecções devido a praticidade e a adequação aos dias atuais.

Motor Original	Motor Atual
Mercúrio	Água com sal
Dois recipientes	Um recipiente
Haste de metal	Fio de cobre
Ímã	Ímã

Disco Original	Disco Atual
Disco de cobre	Disco de alumínio
Ímãs	Ímãs
Galvanômetro	Multímetro

Passo à passo

Com o auxílio de um celular, para realizar a filmagem dos experimentos, realize as suas execuções como orientadas abaixo e posteriormente ao término da gravação de todo o experimento, responda as perguntas.

Parte I

Para análise do funcionamento do Motor Homopolar, faça:

1. Ligue os fios à bateria.
2. Observe o que acontece com o sistema (fio de cobre e ímã).

✓ Responda:

1. Qual o movimento da haste no líquido?
2. Por que há interação entre um fio de cobre e um ímã?

Parte II

Para análise do funcionamento do Disco de Faraday, faça:

1. Ligue o multímetro na função amperímetro.
2. Mova a manivela do disco.
3. Observe o que ocorre com o multímetro.
4. Mova mais rápido o disco e novamente observe o multímetro.

✓ Responda:

1. Qual a relação entre velocidade de giro e a intensidade da corrente elétrica?

2. Qual a relação entre a rotação do disco, na presença do ímã, com a corrente elétrica?

Parte III

Após analisar os dois experimentos, responda:

1. Existe relação entre a causa do funcionamento dos dois? Explique.
2. O que significa dizer: “O movimento das linhas de força com relação ao fio condutor pode induzir uma corrente no fio”?

A.11 – Regras do Jogo Perfil Eletromagnético

REGRAS – Perfil Eletromagnético

COMO JOGAR

1. Os jogadores decidem entre si quem iniciará o jogo. Este passará a ser o leitor da primeira rodada.
2. Depois de escolhido, o leitor deve pegar a primeira carta da pilha e diz aos jogadores qual a sua categoria (cientista, fenômeno, conceito, dia-a-dia).
3. O jogador sentado à esquerda do leitor **joga um dado**, em seguida, coloca uma **moeda pequena** sobre o número no tabuleiro que apresenta o mesmo número que apareceu no dado.
4. O leitor lê em voz alta a dica.
5. Após a leitura da dica, o jogador que a escolheu tem direito a dar um palpite sobre o nome da carta. Caso o jogador não queira dar seu palpite, ele simplesmente passa a vez ao jogador à sua esquerda.

➤ **Acertando ou não os palpites**

Ao dar o palpite, o jogador pode acertar ou errar.

• **Se acertar:**

1. O leitor coloca a carta em uma pilha de descarte.
2. O jogador que acertou a carta avança o peão ao número de casas equivalente as dicas que ele não ouviu.

Exemplo:

Um jogador acertou a carta depois de ouvir 3 dicas, então faltam 5 dicas

para se ouvir, assim ele
anda 5 casas no tabuleiro.

3. Retira as moedas pequenas que estiverem sobre o tabuleiro.
4. O jogador que acertar, também deve preencher a “Ficha Perfil eletromagnético” (veja item ficha).
5. O jogador à esquerda, então, passa a ser o novo leitor.

- **Se errar:** a vez de jogar passa para o próximo jogador à esquerda, que fará o mesmo que o anterior, até que alguém acerte a carta ou as dicas acabem e ninguém pontue.

➤ **Ficha Perfil Eletromagnético**

Cada jogador/equipe receberá uma ficha para preenchimento de pontuação. **A ficha só deve ser preenchida quando o jogador acertar.** Preenchendo o nome da carta e quais as dicas que foram utilizadas (marcadas com fichas vermelhas) para o acerto.

Carta	Nº das dicas

➤ **As instruções extras nas cartas**

Às vezes, ao escolher um número, o jogador pode receber uma instrução em vez de uma dica. As instruções são:

- **Perca a vez:** o jogador perde o direito de dar um palpite, e a jogada passa para o próximo jogador à sua esquerda.
- **Avance (ou volte) "x" casa(s):** o peão do jogador avança (ou volta) o número de espaços presentes na ficha, perdendo o direito de dar um palpite naquela jogada.
- **Um palpite a qualquer hora:** o jogador recebe uma **moeda grande**, que

Ihe permite dar um palpite imediatamente antes da jogada de qualquer outro participante ao longo de todo o jogo (isto é, antes que o adversário escolha uma nova dica). Essa moeda só é válida uma única vez ao longo do jogo.

VENCEDOR

Vence o jogo o primeiro jogador a chegar com seu peão ao espaço marcado "FIM".

Observação: Caso o tempo para o jogo acabe ou as cartas do baralho e nenhum jogador tenha alcançado o “FIM”, ganha aquele que estiver com o peão mais próximo do “FIM”.

PREPARAÇÃO

Sugerimos que os jogadores leiam com atenção esta classificação, para facilitar a associação de idéias durante o jogo. As 55 cartas são distribuídas em 4 categorias, como explicado no quadro 1.

As 6 moedas grandes e as 8 moedas pequenas ficam ao lado do tabuleiro. Cada jogador deve escolher um peão e colocá-lo no espaço marcado "INÍCIO".

Quadro 1 – Distribuição das cartas do Jogo – Perfil eletromagnético

Perfil	Explicação	Cartas
Cientistas	Pessoas que contribuíram para o desenvolvimento da eletricidade e do magnetismo.	Ampère, Coulomb, Faraday, Franklin, Maxwell, Oersted, Ohm, Volta.

Fenômenos	Fenômenos e experimentos físicos que apresentam características explicadas pelo eletromagnetismo.	Atração eletromagnética, Balança de Torção, Bússola, Choque Elétrico, Corrente elétrica, Disco de Faraday, Eletrizção, Efeito Joule, Ímã, Imantação, Indução Eletromagnética, Linha de força, Motor Homopolar, Ondas eletromagnéticas, Repulsão.
Conceito	Explicação para acontecimentos na área do eletromagnetismo.	Campo elétrico, Campo Magnético, Carga elétrica, Condutor, Diamagnético, Diferença de potencial, Eletrodinâmica, Elétron, Eletromagnetismo, Eletrostática, Ferromagnético, Força de Lorentz, Isolante, Paramagnético, Polo magnético, Resistência, Resistividade.
Dia-a-dia	Aplicações do eletromagnetismo no dia-a-dia, desde sua descoberta até o século XXI.	Antena, Bluetooth, Celular, Circuito elétrico, Eletroímã, Fone de ouvido, Lâmpada, Maglev (trem que flutua), Microfone, Multímetro, Pilha, Raio, Touch screen, Usina Hidrelétrica, Wifi.

A.12 – Cartas do Jogo Perfil Eletromagnético.

<p>Meu nome é: Oersted <i>Diga aos participantes que sou um CIENTISTA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizei o primeiro experimento que juntou a eletricidade e o magnetismo. 2. Inspirei trabalhos de Michael Faraday. 3. Perca a vez. 4. Meu grande trabalho foi feito em 1820. 5. Fiz uma bússola se mexer. 6. Avance 1 casa. 7. Sou dinamarquês. 8. Descobri que correntes elétricas podem gerar força magnética. 	<p>Meu nome é: Faraday <i>Diga aos participantes que sou um CIENTISTA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realizei o experimento do motor homopolar. 2. Construi o primeiro gerador de energia elétrica. 3. Sou cientista experimental. 4. Avance 1 casa. 5. Maxwell matematizou o meu trabalho. 6. Descobri a indução eletromagnética. 7. Comprovei a forma circular das linhas de campo. 8. Perca a vez.
<p>Meu nome é: Ampère <i>Diga aos participantes que sou um CIENTISTA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Meu nome é uma unidade de medida. 2. Desenvolvi trabalhos no eletromagnetismo embasados na descoberta de Oersted. 3. Ajudei Arago a construir o eletroímã. 4. Sou francês. 5. Explico os imãs por correntes moleculares. 6. Fui um dos cientistas a tentar explicar o experimento de Oersted. 7. O aparelho de medir corrente tem o nome derivado do meu. 8. Volte 1 casa. 	<p>Meu nome é: Coulomb <i>Diga aos participantes que sou um CIENTISTA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perca a vez. 2. Meu nome é uma unidade de medida. 3. Realizei o experimento da balança de torção. 4. Um dos meus trabalhos foi de determinação da força elétrica. 5. Sou francês. 6. Avance 3 casas. 7. Estabeleci uma equação matemática que relaciona força, distância e carga. 8. Sou militar.

<p>Meu nome é: Volta <i>Diga aos participantes que sou um CIENTISTA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou italiano. 2. Inventei a pilha elétrica. 3. Ganhe um palpite a qualquer momento. 4. Meu nome é uma unidade de medida. 5. Perca a vez. 6. Sem mim Oerted não poderia ter feito seu experimento. 7. Avance 1 casa. 8. Testei meus experimentos em meu próprio corpo. 	<p>Meu nome é: Maxwell <i>Diga aos participantes que sou um CIENTISTA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Matematizei o trabalho de Faraday. 2. Avance 1 casa. 3. Tenho 4 leis com o meu nome. 4. Sou escocês. 5. Demonstrei que os campos elétricos e magnéticos se propagam com velocidade da luz. 6. Parte do meu trabalho foi a base da relatividade restrita de Einstein. 7. Perca a vez. 8. Sem mim, o rádio não existiria.
<p>Meu nome é: Franklin <i>Diga aos participantes que sou um CIENTISTA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou norte-americano. 2. Demonstrei que raios são fenômenos de natureza elétrica. 3. Realizei experimentos com pipas. 4. Perca a vez. 5. Sou o inventor do para-raio. 6. Acreditava que ao atritar corpos havia passagem de fluidos elétricos entre eles. 7. Pra mim, as cargas elétricas se manifestam (negativa ou positiva) devido a sua organização. 8. Avance 3 casas. 	<p>Meu nome é: Ohm <i>Diga aos participantes que sou um CIENTISTA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou uma unidade de medida. 2. Avance 3 casas. 3. Sou alemão. 4. Sou físico experimental. 5. Minhas leis são válidas para resistências constantes. 6. Perca a vez. 7. Minha primeira lei analisa a relação entre ddp e corrente elétrica. 8. Minha segunda lei analisa a resistência elétrica dos materiais.

<p>Meu nome é: Ímã <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Não posso ser dividido. 2. Tenho dois polos. 3. Gero campo magnético 4. Um lado meu é norte e o outro é sul. 5. Junto com limalhas de ferro, faço linhas de campo aparecerem. 6. Avance 1 casa. 7. Magnetita foi a primeira forma como me descobriram. 8. Perca a vez. 	<p>Meu nome é: Corrente elétrica <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Existo quando portadores de carga estão em fluxo ordenado. 2. Quanto maior eu for, mais faço uma lâmpada brilhar. 3. Posso fazer você tremer. 4. Sou responsável pelo funcionamento de <i>touch screen</i> do tipo TFT. 5. Perca a vez. 6. Sou fruto de descargas elétricas. 7. Posso tornar seu banho mais quentinho. 8. Volte 1 casa.
<p>Meu nome é: Indução Eletromagnética <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perca a vez. 2. É através de mim que a hidrelétrica gera corrente elétrica. 3. Fui descoberta por Michael Faraday. 4. Fui matematizada por Maxwell. 5. Posso depender do movimento relativo entre condutor e linhas de força magnética para acontecer. 6. Gero corrente elétrica na presença de um campo magnético. 7. O experimento do motor homopolar me exemplifica. 8. O experimento do disco dínamo me exemplifica. 	<p>Meu nome é: Eletrização <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Avance 1 casa. 2. Também sou conhecido como carga ou descarga de um corpo. 3. Quando esfregam o balão no cabelo, eu aconteço. 4. Existo de 3 formas diferentes. 5. Perca a vez. 6. O terceiro pino da tomada é participante de um dos meus processos. 7. Sou um dos motivos das pessoas levarem choques. 8. Quando aconteço, nenhum corpo fica neutro.

<p>Meu nome é: Motor Homopolar <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fui feito por Michael Faraday. 2. Sou uma forma alternativa do experimento de Oersted. 3. Volte 3 casas. 4. A indução eletromagnética me explica. 5. Mostro o caminho das linhas de campo magnéticas. 6. Sou feito com uma solução condutora. 7. Fui o primeiro motor de indução a ser construído. 8. Sirvo para converter corrente elétrica em movimento. 	<p>Meu nome é: Disco de Faraday <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fui inventado por Michael Faraday. 2. Transformo energia mecânica em energia elétrica. 3. Funciono com base na indução eletromagnética. 4. Não sou voador, mas sou disco. Não sou banda, mas sou metálico. 5. Avance 1 casa. 6. Gero corrente elétrica. 7. Apesar do meu nome, eu realizo transformação de energias. 8. Não tenho dentes, mas uso escova.
<p>Meu nome é: Linha de força <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Avance 1 casa. 2. As limalha de ferro ajudam a me ver. 3. Quanto mais de mim existe, mais intenso é o campo a quem pertença. 4. Determino a direção de um campo. 5. Determino o sentido de um campo. 6. No campo magnético formo curvas fechadas. 7. No campo elétrico posso me espalhar para o infinito. 8. Fui criada por Faraday para explicar campos magnéticos. 	<p>Meu nome é: Balança de Torção <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fui utilizada por Coulomb para verificar a lei da força eletrostática. 2. Detecta a relação entre as cargas elétricas. 3. Perca a vez. 4. Verifiquei a semelhança entre a força gravitacional e a força eletrostática. 5. Fui utilizada para comprovar a lei de Coulomb. 6. Avance 1 casa. 7. Sou composta por uma haste com duas esferas metálicas em cada extremidade. 8. Fui utilizada por Cavendish para verificar a lei da atração gravitacional.

<p>Meu nome é: Choque Elétrico <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A corrente elétrica é reponsável pelo meu acontecimento. 2. Posso acontecer pelo processo de atrito. 3. Isolantes servem de proteção contra mim. 4. Posso gerar queimaduras. 5. Para que eu ocorra, é necessário haver uma ddp entre dois pontos do corpo. 6. Perca a vez. 7. Para corpos molhados, sou um perigo. 8. Dependendo de como aconteço, posso matar. 	<p>Meu nome é: Atração eletromagnética <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aproximo objetos. 2. Posso existir entre ímãs. 3. Posso existir entre cargas elétricas. 4. Após atritar um balão no cabelo, posso acontecer. 5. Volte 1 casa. 6. Entre cargas elétricas, posso existir entre polaridades opostas e/ou iguais. Quando magnética apenas em polos diferentes. 7. Quando estou entre cargas, a lei de Coulomb calcula a minha intensidade. 8. Avance 1 casa.
<p>Meu nome é: Bússola <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fui descoberta pelos chineses. 2. Fui utilizada no experimento de Oersted. 3. Passe a vez. 4. O campo magnético da Terra me orienta. 5. Volte 1 casa. 6. Fui usada nas grandes navegações. 7. Não sou jardim, mas tenho uma rosa. 8. Não sou costureira, mas uso agulha. 	<p>Meu nome é: Ondas eletromagnéticas <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No vácuo, temos a mesma velocidade. 2. Perca a vez. 3. No fundo, não passamos de oscilações. 4. Somos campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si. 5. Uma característica nossa é a frequência. 6. Os humanos só podem ver um pedaço muito pequeno de nós. 7. As antenas nos captam, organizam e emitem. 8. Somos um tipo de propagação de energia.

<p>Meu nome é: Efeito Joule <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou a transformação de energia elétrica em térmica. 2. Sou resultado da dissipação de energia em um resistor. 3. Perca a vez. 4. Quanto mais corrente elétrica passa no circuito, mais acontece. 5. Quando acontece, aqueço seu banho. 6. Aconteço por causa da colisão entre os elétrons e os átomos de um fio. 7. Sua roupa só pode ser passada por minha causa. 8. Volte 1 casa. 	<p>Meu nome é: Imantação <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Volte 1 casa. 2. Sou o que acontece na criação de ímãs artificiais. 3. Posso acontecer por atrito. 4. Posso acontecer pela passagem de corrente elétrica. 5. Perca a vez. 6. Sou destruída por aquecimento. 7. Sou resultado da ordenação das correntes eletrônicas dentro dos materiais. 8. Posso acontecer na presença de campos magnéticos.
<p>Meu nome é: Repulsão eletromagnética <i>Diga aos participantes que sou um FENÔMENO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Afasto objetos. 2. Posso existir entre ímãs. 3. Posso existir entre cargas. 4. Volte 1 casa. 5. Existo entre cargas iguais. 6. Quando estou entre cargas, a lei de Coulomb calcula a minha intensidade. 7. Posso ser o resultado de um processo de eletrização. 8. Avance 1 casa. 	<p>Meu nome é: Isolante <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Avance 3 casas. 2. Tenho poucos elétrons livres. 3. Correntes elétricas não são conduzidas por mim. 4. Protejo de choques elétricos. 5. Plástico e madeira são exemplos de mim. 6. Sou usado para encapar fios de cobre. 7. As cargas elétricas ficam presas em minha superfície. 8. Também sou chamado de dielétrico.

<p>Meu nome é: Elétron <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou uma carga negativa. 2. O módulo de minha carga é de $1,6 \cdot 10^{-19}$ C. 3. Sou uma partícula elementar. 4. Gero um campo elétrico ao meu redor. 5. Quando me movo, gero um campo magnético. 6. Eu sou as passas do pudim. 7. Sou responsável pela corrente elétrica. 8. Passe a vez. 	<p>Meu nome é: Ferromagnetismo <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Explico a existência de ímãs permanentes. 2. Avance 1 casa. 3. Ferro é um dos elementos que me apresentam. 4. Estou presente nas tarjas pretas de cartões de crédito. 5. Posso servir para reter memória. 6. Nem todo metal me representa. 7. A magnetita é um mineral que me apresenta como característica. 8. Perca a vez.
<p>Meu nome é: Carga elétrica <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou característica intrínseca de alguns corpos. 2. Posso ser positiva ou negativa. 3. Passe a vez. 4. Quando estou fluindo ordenadamente, gero corrente elétrica. 5. Minha unidade é um cientista francês. 6. Posso ser dividida até um valor elementar. 7. Minha presença gera atração ou repulsão entre corpos. 8. Gero campo elétrico. 	<p>Meu nome é: Diferença de potencial <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou medida em Volts. 2. Em alguns Estados sou 110 em outros 220. 3. Ajudo a quantificar a perda de energia em cada resistor. 4. Compareço na 1ª Lei de Ohm. 5. Perca a vez. 6. Meu outro nome é tensão elétrica. 7. Um multímetro faz a minha medição. 8. Ganhe um palpite a qualquer momento.

<p>Meu nome é: Polo magnético <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perca a vez. 2. Na Terra, o sul aponta pro norte. 3. Estou presente, em pares, nos ímãs. 4. Na Terra, determino o sentido de migração dos pássaros. 5. Determino o sentido do fluxo de campo magnético. 6. Avance 1 casa. 7. Não existo sozinho. 8. Ampère me justifica através de correntes microscópicas. 	<p>Meu nome é: Condutor <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tenho muitos elétrons livres. 2. Perca a vez. 3. Bons exemplos de mim são os metais. 4. Costumo ser bom em transferir energia térmica entre corpos. 5. Avance 3 casas. 6. Quando de ouro ou grafite sou o melhor, quando de cobre tenho a melhor relação custo-benefício. 7. Íons me representam muito bem quando em solução aquosa. 8. Água destilada não me representa.
<p>Meu nome é: Campo elétrico <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sirvo como repositório de energia potencial. 2. Avance 1 casa. 3. Quanto mais longe do meu ponto de geração, mais fraco vou ficando. 4. Movimento cargas elétricas. 5. Sou nulo dentro de condutores. 6. Sou gerado na indução eletromagnética. 7. Sou uma grandeza vetorial. 8. Meu sentido é do positivo para o negativo. 	<p>Meu nome é: Campo Magnético <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Volte 1 casa. 2. Sirvo como repositório de energia cinética. 3. As limalhas de ferro ajudam a me ver. 4. Quanto mais longe do meu ponto de geração, mais fraco vou ficando. 5. Existo em torno da Terra. 6. Oriento bússolas. 7. Avance 3 casa. 8. Existo na presença de ímãs.

<p>Meu nome é: Diamagnetismo <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Só aconteço na presença de campo externo. 2. Não sirvo para reter memória. 3. Sou o tipo de efeito que enfraquece o campo externo. 4. Avance uma casa. 5. Materiais que me possuem são fracamente repelidos por ímãs. 6. Ouro é um de meus muitos representantes. 7. Perca a vez. 8. Sou um dos três tipos de magnetismo que existem. 	<p>Meu nome é: Paramagnetismo <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Só aconteço na presença de campo externo. 2. Avance uma casa. 3. Não sirvo para reter memória. 4. Avance 2 casas. 5. Materiais que me possuem são fracamente atraídos por ímãs. 6. Perca a vez. 7. Sou um dos tipos de efeito que reforça o campo magnético. 8. Sou um dos três tipos de magnetismo que existem.
<p>Meu nome é: Força de Lorentz <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Só existo na presença de campo magnético. 2. Só existo quando cargas estão em movimento. 3. Perca a vez. 4. Apareço no Disco de Faraday quando ele está em funcionamento. 5. Sou uma força perpendicular à velocidade e ao campo magnético. 6. Defino a trajetória de uma partícula carregada. 7. Quanto mais intensa a carga for, mais forte sou. 8. Avance 1 casa. 	<p>Meu nome é: Resistência <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Avance 1 casa. 2. Sou parte do circuito elétrico. 3. Dificulto a passagem de corrente elétrica. 4. Quando estou em pouca quantidade, dissipo muita energia. 5. Minha análise é feita pelas leis de Ohm. 6. Sou medida em Ohm. 7. Transformo energia elétrica em térmica. 8. Em um gerador ideal sou nula.

<p>Meu nome é: Eletrodinâmica <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou o estudo das causas e dos efeitos de cargas elétricas em movimento. 2. Volte 1 casa. 3. Corrente elétrica é uma de minhas principais atrizes. 4. Meus pais foram Oersted e Ampère. 5. Ohm foi um grande experimentalista da área. 6. Também sirvo para explicar o funcionamento de circuitos elétricos. 7. Perca a vez. 8. As leis de Ohm fazem parte de mim. 	<p>Meu nome é: Resistividade <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para cada material, sou única. 2. Avance 1 casa. 3. Influencio a resistência elétrica. 4. Defino o quanto um material opõe-se a passagem de corrente elétrica. 5. Sou estudada na 2ª lei de Ohm. 6. Perca a vez. 7. Dependo da temperatura do material. 8. Na prata, me apresento em pouca quantidade.
<p>Meu nome é: Eletrostática <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou o estudo dos efeitos de cargas elétricas em repouso. 2. Graças a Coulomb, me desenvolvi bastante. 3. Sou a área de estudo que explica porque você não leva choque se um raio cair encima do carro que você está. 4. Volte 1 casa. 5. Sou a área de estudo que explica porque a corrente elétrica se move no fio. 6. Perca a vez. 7. Explico a influência de campos em cargas. 8. O experimento da balança de torção foi marcante em meu desenvolvimento. 	<p>Meu nome é: Eletromagnetismo <i>Diga aos participantes que sou um CONCEITO</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perca a vez. 2. Oersted foi o responsável pela minha descoberta. 3. Faraday fez grandes descobertas nessa área. 4. Por minha causa, celulares podem funcionar. 5. A lei de indução eletromagnética faz parte de mim. 6. O motor homopolar foi um experimento marcante nessa área. 7. O disco de Faraday foi um experimento marcante nessa área. 8. Volte 1 casa.
<p>Meu nome é: Bluetooth <i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p>	<p>Meu nome é: Fone de ouvido <i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p>

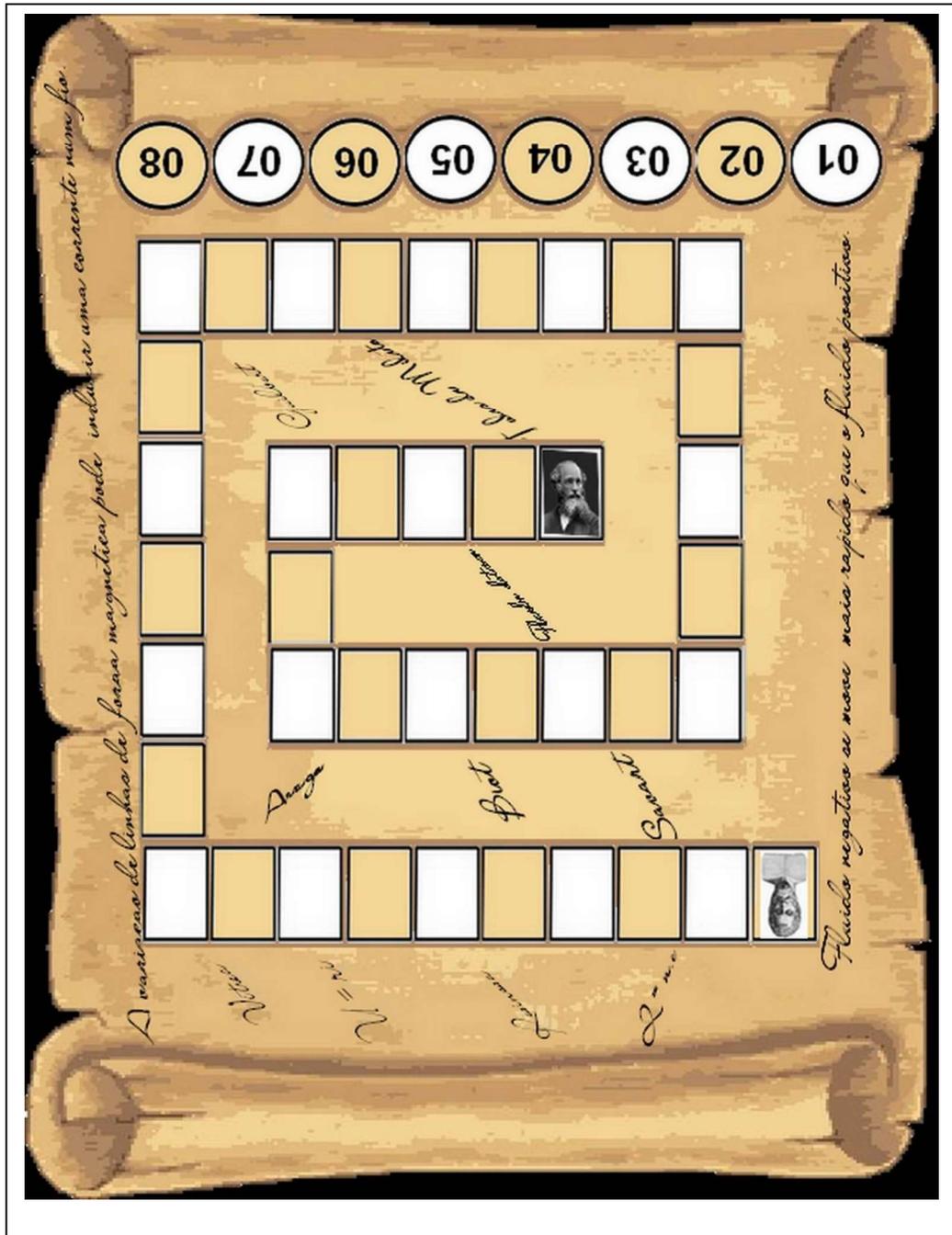
<ol style="list-style-type: none"> 1. Minha frequência é a de ondas de rádio curtas. 2. Posso estar presente em celulares, tablets, computadores e carros. 3. Avance 1 casa. 4. Faço uso de antenas. 5. Substituo cabos para transmissão de dados. 6. Funciono em pequeno alcance. 7. Para que haja conexão é necessária autorização dos dispositivos. 8. Perca a vez. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avance 1 casa. 2. Nos smartphones posso desempenhar o papel de antena. 3. Posso estar acompanhado de um microfone. 4. Quando sem fio, posso funcionar por bluetooth ou infravermelho. 5. Tenho uma bobina em minha composição que gera a vibração da minha película. 6. Tenho um ímã na minha composição. 7. Em mim, a acústica e o eletromagnetismo se encontram. 8. Funciono pelo processo de indução eletromagnética.
<p style="text-align: center;">Meu nome é: Touch screen</p> <p><i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estou presente em telas de celulares, tablets e computadores. 2. A corrente elétrica é responsável pelo meu funcionamento quando sou TFT. 3. Avance 1 casa. 4. Posso ser de pressão, calor ou interação elétrica. 5. Eu substituo as teclas. 6. Com o dedo úmido, não funciono muito bem. 7. Posso sentir a variação de um campo elétrico. 8. Para funcionar, preciso do auxílio de um condutor. 	<p style="text-align: center;">Meu nome é: Antena</p> <p><i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Perca a vez. 2. Capto, emito e organizo ondas eletromagnéticas. 3. Funciono nas frequências AM, FM, VHF, UHF do espectro eletromagnético. 4. Em celulares, sou interna. 5. Para televisões, hoje em dia, sou parabólica. 6. Nos smartphones, os fones de ouvido desempenham o meu papel. 7. Sou feita de metal. 8. Avance 3 casas.

<p>Meu nome é: Usina Hidrelétrica <i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gero energia elétrica. 2. Passe a vez. 3. Funciono com indução eletromagnética. 4. Tenho uma grande diferença de potencial no meu interior. 5. Minha geração de energia apresenta grandes impactos ambientais. 6. Transformo energia mecânica em energia elétrica. 7. A água é o meio pelo qual converto energia. 8. Volte 1 casa. 	<p>Meu nome é: Circuito elétrico <i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Não sou porta mas possuo chave. 2. Avance 3 casas. 3. Vejo uma lâmpada como um resistor. 4. Vejo uma bateria como um gerador. 5. Perca a vez. 6. Geradores podem ser um de meus elementos. 7. Quanto mais comprido são meus fios, menor a corrente elétrica que passa por mim. 8. Quando passa corrente por mim, acontece efeito Joule.
<p>Meu nome é: Maglev (trem que flutua) <i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Posso operar em grandes velocidades. 2. Flutuo sob os trilhos. 3. Meu tataravô eram as máquinas à vapor. 4. O campo magnético gera a minha movimentação. 5. Sou um transporte de alta tecnologia. 6. Avance 1 casas. 7. Ganhe um palpite a qualquer momento. 8. Antigamente funcionava com máquinas à vapor. 	<p>Meu nome é: Eletroímã <i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Avance 1 casa. 2. A minha primeira versão foi criada por Ampère e Arago. 3. Atraio materiais ferromagnéticos. 4. Quando me descobriram, a magnetita tornou-se desnecessária. 5. Preciso de uma bateria como fonte de energia para o meu funcionamento. 6. Quando passa uma corrente elétrica por mim, gera campo magnético. 7. Na minha composição, existe uma bobina. 8. Posso ser usado para transformar ferro em ímã.

<p>Meu nome é: Pilha <i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A primeira de mim, foi voltaica. 2. Transformo energia química em energia elétrica. 3. Sou utilizada em aparelhos eletrônicos. 4. Posso funcionar como gerador. 5. Transfiro elétrons entre pólos através de uma ponte salina. 6. Quando invertem meus pólos no circuito, deixo de funcionar. 7. Perca a vez. 8. A bateria do carro é um exemplo de mim. 	<p>Meu nome é: Lâmpada <i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou acendida. 2. Posso ser fluorescente. 3. Posso ser incandescente. 4. Sou um resistor. 5. Quando em funcionamento, dissipo energia. 6. Volte 1 casa. 7. Emito ondas eletromagnéticas. 8. Perca a vez.
<p>Meu nome é: Celular <i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Possuo uma antena interna. 2. Avance 1 casa. 3. Na maioria dos modelos, funciono com touch screen. 4. Sirvo para me comunicar. 5. Em mim, os fones de ouvi fazem papel de antena. 6. Meu número é uma frequência. 7. Quando estou carregando, sofro efeito joule. 8. Posso ser “inteligente”. 	<p>Meu nome é: Multímetro <i>Diga aos participantes que sou um DIA - A -DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Posso medir corrente. 2. Posso medir voltagem. 3. Posso medir resistência. 4. Avance 3 casas. 5. Para medir grandezas devo estar conectado a um circuito. 6. Perca a vez. 7. Apresento grandezas em diversos múltiplos e submúltiplos. 8. Em um dos meus modos de funcionamento, devo apresentar resistências muito baixas.

<p style="text-align: center;">Meu nome é: Raio</p> <p style="text-align: center;"><i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sou uma descarga elétrica. 2. Costumo ocorrer em dias chuvosos. 3. O trovão nunca vem antes de mim. 4. Sou causado por uma grande diferença de potencial. 5. Avance 3 casas. 6. Benjamin Franklin fez experimentos comigo. 7. Lanças podem ser uma proteção contra mim. 8. Carros são uma proteção contra mim. 	<p style="text-align: center;">Meu nome é: Microfone</p> <p style="text-align: center;"><i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Posso funcionar pelo processo de indução eletromagnética. 2. Em mim, a acústica e o eletromagnetismo se encontram. 3. Avance 1 casa. 4. Posso estar acompanhando fones de ouvido. 5. Perca a vez. 6. Tenho na minha constituição uma membrana oscilante. 7. Quando funcionando por indução, tenho na minha composição um ímã e uma bobina. 8. Posso ser com ou sem fio.
<p style="text-align: center;">Meu nome é: Wifi</p> <p style="text-align: center;"><i>Diga aos participantes que sou um DIA-A-DIA</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Avance 3 casas. 2. Utilizo um roteador. 3. Faço uso de antenas. 4. Funciono em médio alcance. 5. Vários dispositivos podem se conectar a mim ao mesmo tempo. 6. Perca a vez. 7. Faço uso de ondas eletromagnéticas para transferir informações. 8. Minha frequência é a de ondas de rádio curtas. 	

A.13 – Tabuleiro do Jogo Perfil Eletromagnético



A.14 – Avaliação final somativa - montada

AVALIAÇÃO POSTERIOR

QUESTÃO 01

Do final do século XVIII para o século XIX, os estudos na física se intensificaram nas áreas do calor, eletricidade e magnetismo. Alguns dos físicos da época apresentaram trabalhos referentes a essas áreas apoiados na crença dos fluidos imponderáveis. Esses fluidos eram meios atômicos e rígidos que comportavam a ocorrência de fenômenos físicos. Em 1820, Hans Christian Oersted fez a primeira descoberta sobre a relação entre a eletricidade e o magnetismo, abrindo caminho para o desenvolvimento de estudos na área. Uma das descobertas posteriores foi a definição de linhas de força, realizada por Michael Faraday, que hoje chamamos de campo. Conceito que substitui os fluidos imponderáveis.

De acordo com o texto acima e os conhecimentos sobre eletromagnetismo, **JULGUE** os itens.

1. A descoberta de Oersted foi em relação à geração de campo magnético na presença de uma corrente elétrica.
2. O experimento de Oersted detectou que efeitos magnéticos são perpendiculares à corrente elétrica.
3. Para Faraday, todo o espaço seria preenchido pelas linhas de forças magnéticas. A densidade dessas linhas seria correspondente à intensidade da força de interação entre os corpos.
4. O conceito de linhas de força de Faraday possibilitou uma explicação menos abstrata a respeito das forças de ação à distância.
5. Os fluidos imponderáveis magnéticos se comportam de forma a fluírem do polo norte para o polo sul.

QUESTÃO 02

Em 1820, o físico Oersted, estudando a ação de uma corrente elétrica sobre

um ímã, descobriu que quando colocada uma bússola paralelamente ao fio, esta sofria uma deflexão, acabando por orientar-se perpendicularmente a ela. Consequentemente, uma corrente produz um campo magnético. Os resultados de Oersted foram usados pelo físico Ampère, em 1826, para desenvolver matematicamente a relação entre a passagem de corrente elétrica em um condutor retilíneo e o surgimento de fenômenos magnéticos nele.

De acordo com o texto acima e os conhecimentos sobre eletromagnetismo, **JULGUE** os itens.

1. Para Ampère, o campo magnético de um ímã era explicado pela presença de correntes moleculares no seu interior.
2. As linhas de forças magnéticas podem ser visualizadas através de limalhas de ferro.
3. A descoberta de Oersted possibilitou o desenvolvimento da unificação da eletricidade, magnetismo e luz, ao longo do século XIX.
4. Ao analisarmos a lei de Coulomb, verificamos a dependência dos fenômenos elétricos com o meio onde ocorrem.

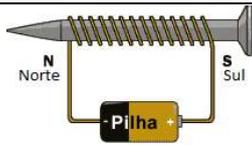
QUESTÃO 03

PREENCHA as lacunas com a **melhor classificação de carga** para a situação.

Em dias secos, muito comuns em Brasília, pessoas que trabalham em ambientes acarpetados tomam várias pequenas descargas elétricas, ao tocarem em maçanetas, em objetos metálicos ou em outras pessoas. Sempre que os _____ são trocados entre corpos, temos uma descarga elétrica. Carpetes acumulam muitas cargas. Quando uma pessoa toca em um objeto condutor a troca de _____ leva a um choque, ou seja há passagem de corrente elétrica pelo corpo do trabalhador.

QUESTÃO 04

PREENCHA as lacunas com a melhor escolha para a situação.



O eletroímã, em sua versão mais simples, é constituído por um prego enrolado por um fio esmaltado, onde as pontas do fio são ligadas a uma pilha.

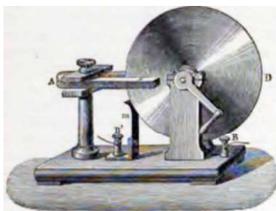
Essa montagem promove a passagem de _____ (**corrente elétrica / carga**) e transforma o prego em um grande _____ (**ímã / condutor**). Uma das aplicações de eletroímãs são os guindastes magnéticos, que são usados para de _____ (**atrair / repelir**) os carros nos ferro-velhos.

QUESTÃO 05

Em 1821 houve a primeira experiência relatada de Michael Faraday na área do eletromagnetismo. Ele repetiu a experiência de Oersted em uma montagem diferente, como na figura ao lado. Este foi chamado de Motor Homopolar.



De acordo com o experimento citado, **EXPLIQUE** o seu funcionamento.



Em 1831, Faraday fez a construção de um disco dínamo como na figura ao lado. Ele é constituído por um disco de cobre entre dois polos magnéticos fixos e constantes, uma escova de metal e um amperímetro. Foi classificado como o primeiro gerador de energia

elétrica da história.

De acordo com o experimento, responda a **questão 06**.

QUESTÃO 06

EXPLIQUE o funcionamento do disco de Faraday

QUESTÃO 07

EXPLIQUE a frase: “O movimento das linhas de força com relação ao fio condutor pode induzir uma corrente no fio”.

QUESTÃO 08

Leia as dicas das cartas e **COMPLETE** o nome da carta.

a)

Meu nome é: _____
*Diga aos participantes que sou um
FENÔMENO*

1. No vácuo, temos a mesma velocidade.
2. No fundo, não passamos de oscilações.
3. Somos campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si.
4. Uma característica nossa é a frequência.
5. Os humanos só podem ver um pedaço muito pequeno de nós.
6. As antenas nos captam, organizam e emitem.
7. Somos um tipo de propagação de energia.

b)

Meu nome é: _____
*Diga aos participantes que sou um
CONCEITO*

1. Sou uma carga negativa.
2. O módulo de minha carga é de $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
3. Sou uma partícula elementar.
4. Gero um campo elétrico ao meu redor.
5. Quando me movo, gero um campo magnético.
6. Eu sou as passas do pudim.
7. Sou responsável pela corrente elétrica.

Bibliografia

ABRANTES, Paulo. Imagens de natureza, imagens de ciência Papyrus, p. 143-204.

ASSIS, A. K. T.; CHAIB, J. P. M. C. Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta – Tradução Comentada do Primeiro Artigo de Biot e Savart sobre Eletromagnetismo. **Cad. Hist. Fil. Ci.**, v. 16, n. 2, p. 303-306, jul./dez. 2006.

BELÉNDEZ, Augusto. La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la "síntesis electromagnética" de Maxwell. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 2601-20, jul. 2008.

BINNIE, ANNA. Using the History of Electricity and Magnetism to Enhance Teaching. **Science**, v. 10, p. 379–389, 2001.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio. The role of historical-philosophical controversies in teaching sciences: The debate between Biot and Ampère. **Springer Science+Business**, v. 21, p. 921-934, out. 2010.

CHAIB, J. P. M. C., ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em Sala de Aula. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. 1: p. 41-51, 2007.

DIAS, Valéria Silva; MARTINS, Roberto De Andrade. MICHAEL FARADAY: O CAMINHO DA LIVRARIA À DESCOBERTA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.

DIAS, Penha Maria Cardozo; MORAIS, Rodrigo Fernandes. Os fundamentos mecânicos do eletromagnetismo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 3601-14, jul. 2014.

DIAS, Vitor Hugo Alves; DIAS, Penha Maria Cardozo. Escrevendo o “Livro da Natureza” na linguagem da matemática: A lei de Ampère. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4601-13, dez. 2015.

FARADAY, Michael; D.L.C; F.R.S. Experimental Researches in electricity. v. 1, London, 1839.

FARADAY, Michael; D.L.C; F.R.S. Experimental Researches in electricity. v. 2, London, 1844.

FARADAY, Michael; D.L.C; F.R.S. Experimental Researches in electricity. v. 3, London, 1855.

FILHO, Moacir Pereira De Souza; CALUZI, João José. Sobre as experiências relativas à imantação do ferro e do aço pela ação da corrente voltaica: uma tradução comentada do artigo escrito por François Arago. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 1603-12, abr. 2009.

GERMANO, Marcelo Gomes; LIMA, Isabelle Priscila Carneiro De; SILVA, Ana Paula Bispo Da. PILHA VOLTAICA: ENTRE RÃS, ACASOS E NECESSIDADES. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. 1, p. 145-155, abr. 2012.

GUEDES, Manoel Vaz. O gerador de Faraday. **Electricidade**, n. 337, p. 243-245, 1996.

GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio; BRAGA, Marco. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 21, n. 2, p. 224-248, ago. 2004.

HECHT, Laurence. The Ampere crucial experiments. **Executive Intelligence Review**, v. 19, n. 20, maio. 1992.

HOTTECKE, Dietmar. How and What can we learn from replicating historical experiments? A case study. **Science e Education**, n. 9, p. 343-362, 2000.

LAWTON, Joseph T.; SAUNDERS, Ruth A.; MUHS, Paul. Theories of Piaget, Bruner, and Ausubel: Explications and Implications. **The Journal of Genetic Psychology**, v. 136, p. 121-136, 1980.

LEFRANÇOIS, G. R. Teorias da aprendizagem. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MARTINS, R. A. Oersted e a Descoberta do Eletromagnetismo. **Cad. Hist. Fil. Ciência**, v. 10, p. 89-114, 1986.

MARTINS, Roberto De Andrade. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da sociedade brasileira da história da ciência, Cidade**, v. 9, n.11, p. 3-5, 1990.

MARTINS, Roberto De Andrade. Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldade no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade. **ActaScientiarum**, v. 21, n. 4, p. 823-35, 1999.

MARTINS, Roberto De Andrade. Romagnosi and Volta's pile: Early difficulties in the interpretation of voltaicelectricity. **Bevilacqua**, v. 3, p. 81-102, 2001.

MARTINS, R. A. Resistance to the Discovery of Electromagnetism: Oersted and the symmetry of the Magnetic Field, p. 245-265, in **BEVILACQUA, F., GIANETTO, E.** (eds.) *Volta and the History of Electricity*. Pavia/Milano: Università degli Studi di Pavia/ Ed. Ulrico Hoepli, 2003.

MATTHEWS, Michael R.. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. cat. end. fis., Cidade**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2011.

OLIVEIRA, Tobias Espinosa De; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 962-986, 2016.

PCN + 2009

PENA, Fábio Luís Alves. Sobre a presença do Projeto Harvard no sistema educacional brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 1701-04, 2012.

PIAZZI, ; PIERLUIGI, . **Ensinando inteligência**: Manual de instruções do cérebro de seu aluno. 2 ed. São Paulo: Aleph LTDA, 2014.

Projeto Harvard de Física, 1969

RIBEIRO, Jair Lúcio Prados. Estruturas arquitetônicas de Brasília: espaços de aprendizagem sobre a reflexão da luz. Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação UnB, 2016.

ROCHA, José Fernando Moura. O conceito de campo em sala de aula - uma abordagem histórico-conceitual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 1604, 2009.

SILVA, Cibelle Celestino; PIMENTEL, Ana Carolina. UMA ANÁLISE DA HISTÓRIA DA ELETRICIDADE PRESENTE EM LIVROS DIDÁTICOS: O CASO DE BENJAMIN FRANKLIN. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 25, n. 1, p. 141-159, abr. 2008.

SILVA, R.T. Da; CARVALHO, H.B. De. A indução eletromagnética: análise conceitual e fenomenológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 4314-6, dez. 2012.

VALÉRIO, Marcus. TEORIA DE AUSUBEL. UnB - Maio de 1999, Departamento de Psicologia, Disciplina: Aprendizagem e Ensino, Professora: Raquel. Disponível em: <http://www.xr.pro.br/Monografias/AUSUBEL.html> Acesso em 12 de fevereiro de 2017.