



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

HELTON TOMPSON LIMA COSTA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA DISCUSSÃO DE CONCEITOS DE (E SOBRE) A
CORRENTE ELÉTRICA NO ENSINO MÉDIO.**

TERESINA

2022

HELTON TOMPSON LIMA COSTA

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA DISCUSSÃO DE CONCEITOS DE (E SOBRE) A
CORRENTE ELÉTRICA NO ENSINO MÉDIO.

Produto Educacional apresentado a Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a): Prof. Dr. Boniek Venceslau da Cruz Silva

TERESINA

2022

1 APRESENTAÇÃO

Prezado professor(a), este material com título “**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM TÓPICOS DE HISTÓRIA E FILOSÓFICA DA CIÊNCIA COMO UM MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO PARA O MELHOR ENTENDIMENTO DA NdC E ENSINO E APRENDIZAGEM DE CORRENTE ELÉTRICA**”, consiste no Produto Educacional (PE) resultado da pesquisa realizada para o Trabalho de Conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Piauí. A aplicação do mesmo é indicada para alunos da 3ª série do Ensino Médio.

2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Sequência Didática, contida nesse material, é norteadada por uma abordagem histórico-filosófica da ciência, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, e, ela aborda conceitos referentes à Eletricidade, especificamente, sobre Corrente Elétrica.

Abaixo segue a SD em sua íntegra e todas as orientações para sua utilização.

INÍCIO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

2.1 Questionário de conhecimentos prévios

Introdução

Partindo do princípio de que os estudantes trazem consigo uma maneira própria de explicar o mundo ao seu redor, devemos de alguma forma buscar acesso a esses conhecimentos, pois ter ideia do que os estudantes já sabem nos permite uma melhor preparação no processo de ensinar e aprender.

Tempo estimado

1 aula (aproximadamente 50 min)

Objetivo

- Identificar os conhecimentos prévios;
- Organizar os conhecimentos prévios.

Orientações ao professor

Nessa aula deverá ser aplicado o questionário contido nessa SD, que deve ser respondido individualmente, pois temos como objetivo acessar, de forma individual, como o estudante entende e explica os problemas abordados. O professor deve orientar que sejam respondidas o máximo de questões possíveis, e isso, deve ser feito sem qualquer tipo de consulta a materiais externos, e ao final da atividade o material deve ser recolhido. Tudo que for observado nas respostas dos questionários pode e deve ser utilizado pelo professor para análise, buscando identificar e organizar os conhecimentos prévios observados, preparando-se assim para as próximas aulas.

Materiais

**Questionário para análise e organização dos conhecimentos prévios apresentadas
pelos alunos**

1. Em disciplinas como Biologia, Química e Física, vocês estudaram muitas teorias científicas que propõe modelos para explicar variados fenômenos, por exemplo, a **Gravitação Universal** que é utilizada para explicar o movimento dos corpos celestes, o **Evolucionismo** que é utilizado para explicar a evolução dos seres vivos, entre outras. Como você acredita que essas e outras teorias são e foram construídas?

Objetivo: Acessar informações na estrutura cognitiva a respeito de como se faz Ciência.

2. Durante seu tempo na escola, você estudou vários ramos da Física, como, por exemplo, Mecânica, Termodinâmica, Ondulatória, entre outros. Tratando desse tema, o que você sabe a respeito da Eletricidade?

Objetivo: acessar informações na estrutura cognitiva referentes ao assunto Eletricidade.

3. Nos anos anteriores você já ouviu falar sobre os elementos químicos e de que eles são constituídos? Se a resposta for sim, desenhe e(ou) descreva em forma de palavras como você entende a composição da matéria, do que ela é feita?

Objetivo: acessar informações na estrutura cognitiva referentes a estrutura da matéria.

2.2 Situação inicial

Introdução

Por muitas vezes, nos livros didáticos e na própria fala do professor, não se nota a existência de um processo complexo no desenvolvimento dos conceitos científicos. É importante ao professor trazer à tona essa face da ciência para que o estudante tenha uma visão mais sólida a respeito da mesma e crie uma visão crítica e reflexiva a respeito do mundo.

Tempo estimado

2 aulas (aproximadamente 100 min)

Objetivos

- Analisar o processo de construção dos conceitos sobre Eletricidade.
- Discutir como a ciência, como produto humano, influencia e é influenciada por vários fatores.

Orientações ao professor

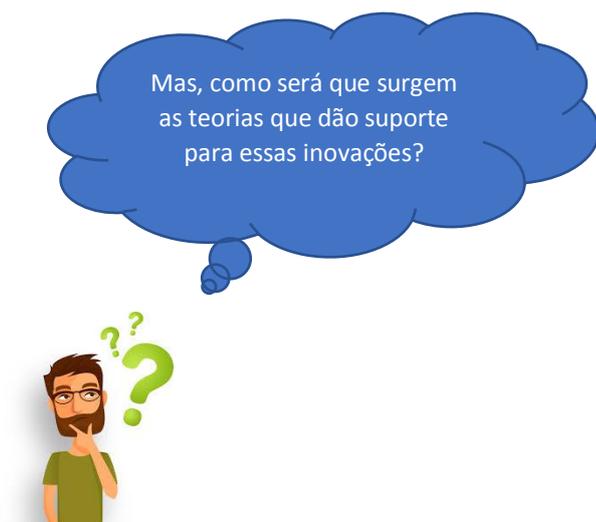
Deverá ser utilizado o texto didático no qual o estudante será apresentado a aspectos da construção dos conceitos sobre a Eletricidade. Esta atividade pode ser feita em grupo ou individualmente, o professor realizará a leitura e discussão do texto com a turma depois pedirá para que os mesmos respondam as questões propostas, que devem ser discutidas em sala.

Materiais

Texto didático

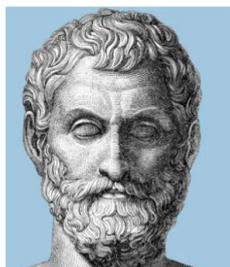
Sobre o processo de desenvolvimento dos conceitos relacionados a eletricidade, através das contribuições de alguns cientistas e pensadores

A eletricidade é algo tão comum a nós, está tão presente no nosso dia-a-dia, que acabamos por vezes não percebendo a sua importância. Relâmpagos, lâmpadas, computadores e entre outras coisas, que são ou foram inovações, tem seu funcionamento explicado por teorias que muitos não fazem a mínima ideia de como surgiram.



Bom, então vamos começar uma pequena viagem pela História da Eletricidade e ver como os conceitos a seu respeito se desenvolveram e conhecer alguns de seus personagens.

Começaremos nosso percurso lá na Idade Antiga, onde os registros históricos nos apontam um filósofo grego, Tales de Mileto (640-546 a.C.), é atribuído a ele a observação de que o âmbar (elektrón em grego) quando friccionado adquiria uma propriedade de atrair pequenos objetos.



Tales de Mileto é um filósofo **pré-socrático** que nasceu na cidade de Mileto, ele é considerado na filosofia como o primeiro filósofo, em virtude do fato de ter sido o primeiro a responder a questão sobre a

Thales atribuía que essa atração apresentada pelo âmbar era uma virtude própria sua, e que os outros corpos não a tinham.



Resina oriunda das árvores, conhecido como âmbar

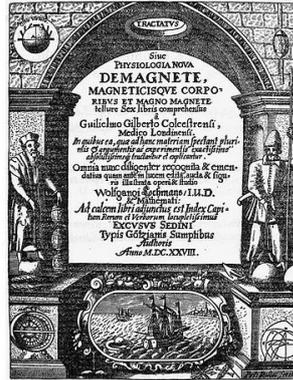


Será que os conhecimentos advindos da Ciência são produzidos em longos períodos de tempo ou surgem da noite para o dia?

Vamos dar um salto no tempo até o período conhecido como Idade Moderna, onde, William Gilbert (1540-1603), publicou um tratado intitulado “Sobre os ímãs, os corpos magnéticos e o grande ímã terrestre”, em que, reúne mais de seiscentas experiências, em parte feitas por antigos pesquisadores e outras, realizadas pelo próprio. Além de outras coisas Gilbert mostrou que o mesmo efeito do âmbar podia ser observado por meio da fricção de corpos de toda uma classe de substâncias. Outra contribuição dele foi ter introduzido no estudo da eletricidade o vocábulo elétrico a todas as substâncias que tinham capacidade de atrair objetos, depois de friccionadas, como o âmbar.



Figura de William Gilbert, que era médico da Rainha Elizabeth I



Capa do tratado de

Em meados do século XVII, Otto Von Guericke (1602-1686), que ante a necessidade de acumular mais poder elétrico, como se denominava na época. Usou o enxofre, que aparentava apresentar os mesmos efeitos do âmbar quando atritado. Ele construiu um aparato que consistia em uma esfera de enxofre com uma manivela em um dos lados apoiada em um suporte de madeira de tal forma que podia girá-la usando esta manivela. Usando a outra mão sobre a bola de enxofre enquanto ela era girada, pela fricção, obteve maiores quantidades de eletricidade. O estudioso tinha criado, supostamente, umas das primeiras máquinas para produzir eletricidade, a qual temos conhecimentos hoje.

Otto Von Guericke e seu gerador eletrostático.



Guericke foi cientista, inventor e político alemão.

Nesse momento, século XVII a eletricidade era considerada um fluido sem peso e invisível.

Alguns anos depois, já no século XVIII, Stephen Gray (1666-1736) comunicava haver descoberto o fenômeno da condutividade elétrica. Ele verificou que a eletricidade, ou o poder elétrico, podia passar de um corpo para outro.

Experimento realizado por Gray onde uma criança eletrizada atrai pequenos objetos.



Stephen Gray foi um físico e astrônomo amador inglês



Foi também, por ele verificado, que apenas uma pequena classe de substâncias, entre as quais se encontravam os metais, tinha a propriedade de agir como uma espécie de canal para o transporte de eletricidade.



Jean Théopille Desaguliers foi um filósofo natural francês

Estes trabalhos experimentais foram importantes para o avanço do entendimento dos fenômenos elétricos e foram prosseguidos por Jean Théopille Desaguliers (1683-1744). Em seus estudos ele nomeou as substâncias capazes de transportar a virtude elétrica, de condutores e as outras de isolantes, termos esses, usados até hoje.



Charles-François du Fay foi químico e superintendente dos jardins do rei da França

Uma teoria formal da natureza da eletricidade muito influente foi enunciada por Charles-François du Fay (1698-1730). Naquela sua época, ainda não havia explicação para a atração e a repulsão entre corpos eletrizados então, ele propôs a existência de dois tipos de fluidos elétricos, o vítreo e o resinoso, corpos com a mesma eletricidade se atraem e diferentes se repelem. Du Fay fez experimentos análogos aos feitos por Francis Hauksbee (1660-1713) e Stephen Gray (1666-1736), dos quais se declarava devedor.



Já sabia que os cientistas utilizavam trabalhos de outros para seus estudos, ou achava que eles faziam tudo só?

O Abade Jean-Antoine Nollet (1700-1770) deu continuidade aos estudos de Dufay, passou a atribuir a origem dos fenômenos elétricos ao movimento em sentidos opostos de duas correntes de fluídos muito sutis e inflamáveis. Ele supôs que esses fluídos estivessem presentes em todos os corpos sob quaisquer circunstâncias. Quando um material era excitado por fricção, parte do fluido escapava de seus poros. Com essa suposição, deu uma explicação para o fato de que alguns corpos são atraídos e outros repelidos por um corpo previamente eletrizado.



Figura do o Abade Jean-Antoine Nollet

Hora à eletricidade é uma virtude própria de uma substância, hora é um fluido, você percebeu essa mudança no pensamento? Por que



Diversas hipóteses foram formuladas acerca da natureza dos fenômenos elétricos e da própria eletricidade, gerando teorias diversas e explicações nem sempre aderentes ao que hoje sabemos sobre ela. Partindo do princípio de que a eletricidade poderia ser uma espécie de fluido, formas de poder armazená-la começaram a ser investigadas.

Por volta de 1745, um dispositivo capaz de armazenar a eletricidade acabava de ser encontrado, a chamada garrafa de Leyden, O dispositivo foi inventado independentemente, por Von Musschenbroek, de forma acidental em Leyden, Holanda, a partir de uma experiência de seu amigo Cunaeus, e por Von Kleist na Pomerânia.



Pra que tanta violência rapaz?

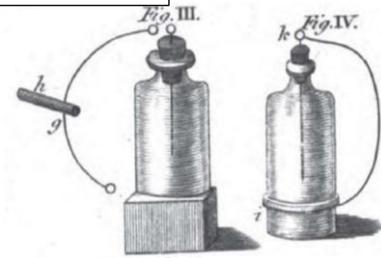
Von Kleist por não compreender o funcionamento da garrafa tocou-a certa vez e recebeu um tremendo choque. As vezes aparelhos elétricos são manuseados de forma imprudentes, admita, não vamos contar para ninguém, já fez algo do

Com esse novo aparato, quantidades suficientes de eletricidade capaz de produzir fortes faíscas elétricas podiam ser armazenadas, o que acabou contribuindo para um melhor entendimento das propriedades da eletricidade. Serviam também para impressionantes demonstrações, como dar choques elétricos em cadeias de centenas de voluntários de mãos dadas.



Von Musschenbroek

Garrafa de Leyden



Vamos sair agora da Europa para a Nova Inglaterra, atual Estados Unidos da América. Lá, encontramos Benjamin Franklin (1706-1790). Para ele a eletricidade era um fluido único, que estava presente em todos os corpos, que os retinham como uma esponja. Os corpos com excesso de eletricidade eram por ele, chamados de positivos e o contrário, negativos. Ele descreveu que a natureza era organizada de tal forma que o positivo e o negativo estivessem sempre equilibrados, como uma economia ideal. A ideia dele era que a eletricidade era apenas carga positiva fluindo para equilibrar a negativa.

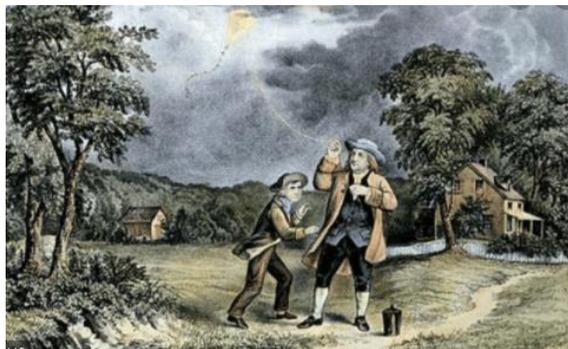
Franklin foi um diplomata, escritor, jornalista, filósofo político e cientista norte-americano. Assinou três documentos principais na criação dos Estados Unidos: a "Declaração da Independência", o "Tratado de Paz" e a "Constituição"



Rapaz, cê é o bixão mesmo!

Franklin decidiu usar o poder do raciocínio para explicar, em termos racionais, o que muita gente acreditava se tratar de um fenômeno mágico, **os relâmpagos**. As vezes encontramos em livros informações que nos garantem que Franklin empinou uma pipa durante uma tempestade para descobrir a natureza dos relâmpagos. Embora tenha proposto o experimento, é quase certo que ele nunca o tenha executado. **E como sabemos disso?** Estudando a História da Ciência, como

estamos fazendo aqui. Assim, podemos nos “defender” de estórias falaciosas e aprendemos mais sobre a Física de forma histórica e correta.



Você já sabia dos fatos históricos da Eletricidade, que estamos trabalhando com vocês?

Fica mais legal (ou não) estudar Física com mais essa aiudinha de sua

O verdadeiro experimento foi realizado em Marly La Ville, um pequeno vilarejo ao norte de Paris, na França, onde ele era adorado, principalmente pela sua militância antibritânica e a ideia de assumir que seus experimentos fossem realizados sem que ele estivesse presente.



Você acredita que a Ciência pode ser usada com um viés político e ideológico? Se sim, você saberia dizer algum exemplo desse fato?

No experimento, George Louis Leclerc, conhecido em toda a França como conde de Buffon, e seu amigo Thomas François Dalibard ergueram uma haste de metal de 12 m, sustentada por três aduelas de madeira e que tinha sua extremidade inferior dentro de uma garrafa de vinho vazia. na porta da casa de Dalibard,



Curiosidade: Desse experimento é que se desenvolveu o para raios.

A ideia de Franklin era de que a haste comprida atrairia o raio, que desceria pela haste metálica e seria armazenado na garrafa de vinho, que funcionava como uma garrafa de Leiden. Assim, ele poderia confirmar o que o relâmpago realmente era, e foi o que aconteceu, através desse experimento foi possível descobrir que o mesmo era um fenômeno elétrico.

Mesmo com todos esses avanços e contribuições, vistos até agora, não se tinha um consenso sobre a natureza da eletricidade. Como já vimos anteriormente, existiam duas teorias concorrentes, a de um único fluido e a de dois fluidos, ambas tinham problemas para explicar de forma adequada os fenômenos observados. Assim, houve uma divisão da comunidade científica,

e isso, se manteve ainda por muitos anos, até o final do século XIX onde essa dúvida foi finalmente esclarecida.



Você, ficou surpreso que os cientistas divergem entre si e podem seguir teorias diferentes? Saberia dizer qual o motivo que leva uma teoria perder sua credibilidade e acabar sendo corrigida ou abandonada?

Até o momento a eletricidade era descarregada de forma muito rápida, ou como choque ou fásca, e é, a partir de agora, que vamos adentrar na história da eletricidade contínua ou corrente elétrica.

Luigi Galvani (1737-1798) foi um **médico**, investigador, físico e filósofo **italiano**. Ele acreditava que existiam dois tipos de eletricidade, a animal e a outra artificial. Uma podia ser produzida e explicada pelos homens e a outra só cabia a Deus. Foi preparado por ele diversos experimentos com corpos de sapos, em que, ele tentava demonstrar que os corpos dos seres vivos tinham uma eletricidade intrínseca.



Galvani usava corpos de sapos em seus experimentos.



Curiosidade: Sabe a história de Frankenstein? Ela surgiu nessa época, possivelmente, baseadas nos experimentos com eletricidade realizados com corpos de

Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745 -1827) foi um **químico**, **físico** e pioneiro da **eletricidade** e da **potência**. As ideias de Volta não estavam tolhidas com o dogma religioso de Galvani, a eletricidade animal. Para ele, cheirava a superstição e magia. O mesmo dizia que a eletricidade fazia com que os músculos dos corpos se movessem estava vindo de algum lugar externo ao corpo.

Galvani ficou muito contrariado com as falas de Volta, nas quais, desconstruía sua ideia de eletricidade animal. O que o levou a realizar uma nova série de experimentos mais rígidos. A

confiança em seus resultados era tamanha, que chegou até a enviar uma cópia de seu artigo a Volta.

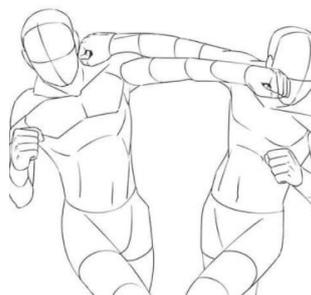
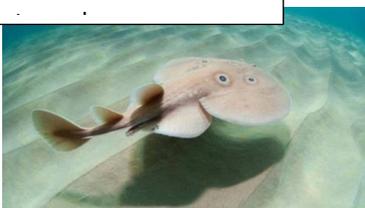
Na continuidade de suas pesquisas para desmentir Galvani, e provar que tinha a razão, Volta acabou demonstrando que a eletricidade percebida por seu rival, não vinha do corpo do animal em si, mas, do contato entre diferentes tipos de metais e o corpo.



Em sua pesquisa, Volta acabou criando a primeira pilha, usando como base trabalhos de Henry Cavendish (1731-1810), que explicava como o peixe elétrico podia dar choques elétricos. Cavendish percebeu que havia um padrão de cavidades repetidas nas costas desse peixe, e que ela funcionava como pequenas garrafas de Leyden.

Volta fez um aparato imitando esses padrões, só que com metais.

Peixe elétrico



Olha o pau quebrando

Você imaginava que ocorriam controvérsias (disputas) assim na Ciência?

Ele relatou os resultados de suas experiências, por volta de 1800, em uma carta de duas partes para o presidente da **Royal Society**. Com essa invenção, Volta demonstrou que a eletricidade poderia ser gerada quimicamente, executando, assim, um xeque-mate na teoria predominante, a qual afirmava existir uma eletricidade gerada apenas pelos seres vivos. A partir de sua invenção foi possível a produção de uma corrente elétrica contínua e estável, o que possibilitou inúmeros avanços nas pesquisas sobre eletricidade. A invenção de Volta provocou uma grande quantidade de excitação científica e levou outros a conduzir experimentos semelhantes que eventualmente levaram ao desenvolvimento do campo da **eletroquímica**.

Esquema de como era a pilha de volta.



Volta era jovem arrogante, mulherengo e adorava uma



Por equanto, vamos parar por aqui, um pouco mais a frente vamos ver que houveram ainda muitas mudanças, controvérsias, disputas e, principalmente, avanços conseguidos através dessa busca incansável sobre a natureza da eletricidade.

Referências

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; LISBOA-FILHO, P. N.; CALUZI, J. J.; PEREZ, J. R. B. Contribuições da história da ciência para o ensino do conceito de carga elétrica - os princípios de Du Fay para eletricidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVIII., 2009, Vitória. Anais... Vitória: Sociedade Brasileira de Física, 2009b.

Cindra, J. L.; Teixeira, O. P. B. (2005). A evolução das ideias relacionadas aos fenômenos térmicos e elétricos: algumas similaridades. Cad. Bras. Ens. Fís., 22(3), 379-399.

Junior, J. B. R. F. (2008). História do desenvolvimento das máquinas eletrostáticas como estratégia para o ensino de conceitos de eletrostática. (Monografia. Licenciatura em Física). Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Recuperado de <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/4122/3123>

Morais, R.F. (2014). A natureza da eletricidade: uma breve história. 74f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) –Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TONIDANDEL, D.; ARAÚJO, A.; BOAVENTURA, W. História da Eletricidade e do Magnetismo: da Antiguidade à Idade Média. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40, n. 4, 2018.

Atividade do texto didático

1. Quais critérios você percebeu que eram utilizados para validar as explicações dadas?

2. Uma explicação dada sobre determinado fenômeno era mantida para sempre? Justifique.
3. Essas explicações podem ser influenciadas por fatores como política, religião, ideologias, entre outros? Justifique.

Objetivo: Essas questões tem o objetivo de direcionar e chamar a atenção dos alunos a características chave intrínsecas da Ciência.

2.3 Segunda situação

Introdução

Nessa parte vamos estudar a parte específica do conteúdo Corrente Elétrica, enfatizando sempre que necessário a história e filosofia da ciência.

Objetivo

Os objetivos estão apresentados separadamente em cada item.

Orientações ao professor

Diferente dos tópicos anteriores, esse, engloba várias partes, as mesmas estão descritas abaixo.

2.3.1 Um modelo para a corrente elétrica

Tempo Estimado

30 minutos

Objetivos

- Conhecer como ocorreu a descoberta dos átomos;
- Compreender a estrutura da matéria;
- Analisar o modelo atual que se utiliza para explicar a Corrente Elétrica.

Orientações ao Professor

Os alunos deverão assistir aos vídeos indicados. Depois disso, a aula seguirá de maneira expositiva dialogada, com o auxílio do texto “Um modelo explicativo para Corrente elétrica”.

Materiais

Vídeos

Três vídeos sobre o átomo (16:30 min)

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLfBIOKootY3nilHJIdQ0N40Hg5Hkwefn6>

Texto

Um modelo explicativo para Corrente elétrica

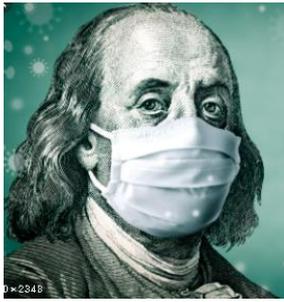
Nosso texto sobre história da Eletricidade descreveu que as duas teorias mais fortes para explicar a natureza dos fenômenos elétricos eram a de dois fluídos e fluído único, e também, informou que essa dúvida só foi sanada anos mais tarde. No vídeo que foi reproduzido, é possível perceber quando e como essas teorias perderam sua força. Com a descoberta do átomo, em meados do século XIX, uma nova teoria sobre eletricidade surgiu, e tinha um enorme poder explicativo, ou seja, conseguia responder de maneira satisfatória uma infinidade de problemas que as outras não tiveram êxito.

Vamos iniciar, agora, uma nova fase em nossos estudos, utilizando essa nova teoria, tentaremos explicar todos os problemas apresentados no texto e outros mais. Então, vamos lá!

Corrente elétrica é definida como o **fluxo** ordenado de partículas **portadoras de carga elétrica** ou o deslocamento de cargas dentro de um condutor, quando existe uma diferença de potencial elétrico entre as extremidades. Tal deslocamento procura restabelecer o equilíbrio desfeito pela ação de um campo elétrico ou outros meios (reações químicas, atrito, luz, etc.).

Microscopicamente, as cargas livres estão em movimento aleatório devido à agitação térmica. Apesar desse movimento desordenado, ao estabelecermos um campo elétrico na região das cargas, verifica-se um movimento ordenado que se apresenta superposto ao primeiro. Esse movimento recebe o nome de **movimento de deriva** das cargas livres.

Raios são exemplos de corrente elétrica, bem como o **vento solar**, porém a mais conhecida, provavelmente, é a do fluxo de **elétrons** através de um **condutor elétrico**, geralmente **metálico**.



Mesmo a teoria do flúido elétrico tendo sido descartada, a atribuição de Franklin sobre os raios serem fenômenos elétricos estava correta, sua interpretação sobre a natureza da eletricidade era que estava errada.

Dependendo do tipo do corpo os portadores de carga podem ser diferentes como visto abaixo.

Condutor Metálico: os portadores de carga são os elétrons livres (metais e grafite).

Condutor Líquido: os portadores de carga são os íons positivos e negativos (soluções eletrolíticas).

Condutor Gasoso: os portadores de cargas podem ser íons positivos, íons negativos e elétrons livres (gases ionizados).

Nota:

É possível haver corrente elétrica no vácuo, produzida não por portadores do meio, evidentemente, mas por portadores lançados no meio. É o caso por exemplo, de se provocar no vácuo uma rajada de elétrons (raios catódicos). É o que acontece nos tubos de imagem de televisão analógica (cinescópios) e nos osciloscópios catódicos.

2.3.2 Intensidade da corrente Elétrica

Tempo estimado

25 min

Objetivos

-Definir a forma de se mensurar a intensidade da corrente elétrica.

Orientações ao Professor

O professor poderá continuar com o uso do texto desse material para abordar a intensidade da corrente elétrica.

Materiais

Texto

Intensidade da corrente elétrica

No passado, no período apresentado no nosso texto sobre história da eletricidade, ainda não havia uma forma para quantificação da corrente elétrica, somente uma abordagem qualitativa a respeito desse fenômeno, que só nos informava se um efeito sentido era forte ou fraco. Essa abordagem, era feita utilizando o próprio corpo, olhavam o tamanho das faíscas que saíam de seus experimentos, usavam a língua para sentir os choques elétricos, entre outras formas (A galera era corajosa, não acha?).

Com o passar do tempo, formas mais eficientes e seguras de qualificar e quantificar as grandezas relacionadas a eletricidade foram elaboradas, nessa parte, vamos entender melhor como podemos imaginar o que significa medir a intensidade da corrente elétrica.

Considere uma seção S qualquer do condutor e suponha que uma pessoa observe, durante um intervalo de tempo Δt , a quantidade de carga que passa através dessa seção. Representemos por ΔQ essa quantidade de carga. Denomina-se intensidade da corrente i através da seção S a relação entre a quantidade de carga ΔQ e o intervalo de tempo Δt , então:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Observe que quanto maior for a quantidade de carga que passar através da seção, durante um certo tempo, maior será a intensidade da corrente naquela seção. Em outras palavras, a intensidade da corrente nos informa sobre a quantidade de carga que passa na seção por unidade de tempo.

No SI, a unidade de intensidade da corrente será C/s. Essa unidade é denominada ampère (A), em homenagem ao físico francês André-Marie Ampère.



André-Marie Ampère (1775-1836) foi um **físico, filósofo, cientista e matemático francês** que fez importantes contribuições para o estudo do **Eletromagnetismo**. Ele mostrou, dentre várias outras coisas, que dois fios quando atravessados por uma corrente elétrica exercem ações recíprocas.

Assim, temos:

$$1 \frac{\text{coulomb}}{\text{segundo}} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}} = 1 \text{ ampère} = 1 \text{ A}$$

Portanto, se em uma seção de um condutor tivermos uma corrente de 1 A, significa que, nessa seção, estará passando uma carga de 1 C durante 1 s.

Nota: A corrente elétrica é também chamada informalmente de *amperagem*. Embora seja um termo válido na linguagem coloquial, a maioria dos engenheiros eletricitas repudia o seu uso por confundir a **grandeza física** (corrente eléctrica) com a unidade que a medirá (ampère). A corrente eléctrica, designada por *i*, é o fluxo das cargas de condução dentro de um material. A intensidade da corrente é a taxa de transferência da carga, igual à carga transferida durante um intervalo infinitesimal (extremamente pequeno) dividida pelo tempo.

Método de medição

Para medir a corrente, pode-se utilizar um **amperímetro**. Apesar de prático, isto pode levar a uma interferência demasiada no objeto de medição, como por exemplo, desmontar uma parte de um **circuito** que não poderia ser desmontada. Como toda corrente produz um **campo magnético** associado, podemos tentar medir este campo para determinar a intensidade da corrente. O **efeito Hall**, a **bobina de Rogowski** e sensores podem ser de grande valia neste caso.

2.3.4 Sentido Convencional da Corrente Elétrica

Tempo estimado

(25 min)

Objetivos

- Compreender como se definiu historicamente o sentido da corrente eléctrica;
- Compreender atómicamente o movimento dos portadores de carga.

Orientações ao Professor

Continuaremos a usar o texto desse material de forma expositiva dialogada.

Materiais

Texto

Sentido real e convencional da corrente elétrica

Lembra que Benjamin Franklin definiu o **sentido** da corrente elétrica como sendo o sentido do fluxo de **cargas positivas**. Naquele tempo, como já foi informado, nada se conhecia sobre a estrutura atômica. Não se imaginava que em condutores sólidos as cargas positivas estão fortemente ligadas aos núcleos dos átomos e, portanto, não pode haver fluxo macroscópico de cargas positivas em condutores sólidos. No entanto, quando a **física** subatômica estabeleceu esse fato, o conceito anterior já estava arraigado e era amplamente utilizado em cálculos e representações para **análise de circuitos**. Esse sentido continua a ser utilizado até os dias de hoje e é chamado **sentido convencional** da corrente.



É importante saber que essa convenção não causa qualquer problema, pois, com exceção de um fenômeno denominado efeito Hall, que será estudado em Eletromagnetismo, um fluxo de partículas com cargas positivas, num determinado sentido, sempre produz o mesmo efeito que produziria se as cargas dessas partículas fossem negativas e se deslocassem

Em qualquer tipo de condutor, este é o sentido contrário ao fluxo líquido das **cargas negativas** ou o sentido do **campo elétrico** estabelecido no condutor. Na prática qualquer corrente elétrica pode ser representada por um fluxo de portadores positivos sem que disso decorram erros de cálculo ou quaisquer problemas práticos.

O **sentido real** da corrente elétrica depende da natureza do **condutor**.

Como já foi discutido, a corrente elétrica não é exclusividade dos meios **sólidos** - ela pode ocorrer também nos **gases** e nos **líquidos**. Nos sólidos, as cargas cujo fluxo constitui a **corrente real** são os **elétrons livres**. Nos líquidos, os portadores de corrente são **íons** positivos e **íons** negativos. Nos gases, são **íons** positivos, **íons** negativos e **elétrons** livres. A corrente elétrica que se estabelece nos condutores eletrolíticos e nos condutores gasosos (como a que surge em uma **lâmpada fluorescente**) é denominada corrente iônica.

O **sentido real** é o sentido do **movimento de deriva** das cargas elétricas livres (portadores). Esse movimento se dá no sentido contrário ao do **campo elétrico** se os portadores

forem negativos (caso dos condutores metálicos), e no mesmo sentido do campo, se os portadores forem positivos. Mas existem casos em que verificamos cargas se movimentando nos dois sentidos. Isso acontece quando o condutor apresenta os dois tipos de cargas livres (condutores iônicos, por exemplo).

Nesses casos, não são só os portadores de carga negativa que entram em movimento, mas também os portadores de carga positiva: os íons também entram em movimento. Por exemplo: se, numa **solução iônica**, são colocados dois **eletrodos** ligados a uma **bateria**, um eletrodo adquire carga positiva, e outro, carga negativa. Com isso, o movimento dos íons negativos e dos elétrons se dará no sentido do eletrodo positivo, enquanto o movimento dos íons positivos ocorrerá no sentido do eletrodo negativo.

O mesmo ocorre em meio gasoso, no caso dos gases ionizados. A intensidade i da corrente elétrica também é determinada pela mesma equação apresentada acima. A diferença é que, nesse caso, a quantidade de **carga elétrica** será dada pela soma de cargas positivas e negativas.

Nota: É importante saber, também, que salvo aviso prévio, a expressão “sentido da corrente” sempre se refere ao sentido convencional.

2.3.5 Classificação das correntes elétricas quanto a forma do gráfico $i \times t$

Tempo estimado

30 min

Objetivos

- Observar como a ciência, como produto humano, influencia e é influenciada por vários fatores.
- Analisar atômica e molecularmente o que é corrente contínua e alternada.

Orientações ao Professor

Nessa parte o professor deve explicar o que significa corrente contínua e alternada, utilizando o modelo atual e gráficos para melhor entendimento dos alunos. Depois dessa discussão, será exibido, se possível, um vídeo comentando a histórica disputa para se decidir qual tipo de corrente seria utilizada para levar energia às cidades, possibilitando assim explorar de forma mais enfática os tipos de interferência que sofrem o conhecimento científico.

Materiais

Classificação das correntes elétricas quanto a forma do gráfico $i \times t$

Hoje, a energia elétrica que sai das usinas é distribuída para os mais diversos lugares através de corrente alternada, fato esse, que nem sempre foi assim. Lembra da disputa entre Galvani e Volta sobre a existência ou não de uma eletricidade animal, ela é só uma de muitas que existiu no seio da comunidade científica. Mais uma vez a Eletricidade, em particular, a corrente elétrica, está no meio de um duelo entre duas mentes brilhantes, Nikola Tesla e Thomas Edson, já ouviu falar neles? Se não, pare com a preocupação, pois você será apresentado a essa disputa. O problema dessa vez, é a forma de como se deve ocorrer a transmissão da energia elétrica, Edson defende a corrente contínua e Tesla a alternada. Mas, antes de tudo isso, vamos aprender o que significam esses novos termos a respeito da corrente elétrica.

No gráfico $i \times t$, quando a corrente inverte seu sentido, convencionou-se considerá-la positiva em um sentido e negativa no sentido contrário. Quando usamos essa convenção, devemos chamar i de valor algébrico da corrente elétrica, em vez de intensidade.

Quanto à forma do gráfico $i \times t$, as correntes classificam-se em contínuas e alternadas. Vamos ver, a seguir, os casos mais comuns de corrente contínua e alternante.

Corrente contínua (CC)

Corrente contínua constante

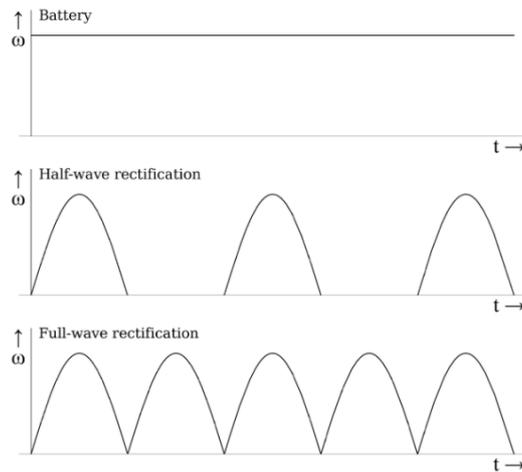
Uma corrente elétrica é contínua constante quando mantém intensidade e sentido constantes no decorrer do tempo. Seu gráfico $i \times t$ é um segmento de reta paralelo ao eixo dos tempos.

No caso de corrente contínua constante, sua intensidade média coincide com a intensidade instantânea.

Um bom exemplo de corrente elétrica contínua constante é a gerada por pilhas, na lâmpada de uma lanterna ligada.

Corrente contínua pulsante

Chamamos de contínua pulsante a corrente cuja intensidade passa, em geral periodicamente, por máximos e mínimos, embora tenha sentido constante.



Representação no gráfico $i \times t$ da corrente contínua

Nota: Esse tipo de corrente é gerado por **baterias** de automóveis ou de motos (6, 12 ou 24 V), pequenas baterias (geralmente de 9V), **pilhas** (1,2 V e 1,5 V), **dínamos**, **células solares** e **fontes de alimentação** de várias tecnologias, que **retificam a corrente alternada** para produzir corrente contínua.

Corrente alternada (CA)

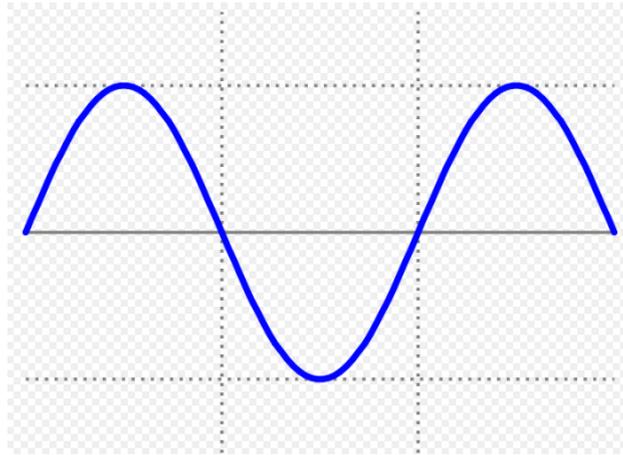
Denominamos de alternante ou alternada a corrente cujo sentido se inverte, em geral, periodicamente.

Observe que, em um condutor metálico percorrido por corrente contínua, o movimento ordenado dos elétrons livres ocorre sempre no mesmo sentido.

Caso o condutor seja percorrido por corrente alternante, esses elétrons simplesmente oscilam em torno de determinadas posições, executando movimentos de vaivém.

É alternada por exemplo a corrente que se estabelece em uma rede elétrica residencial quando algum aparelho é ligado a ela.

Nota: Na Eletrodinâmica, manteremos nossas atenções concentradas quase exclusivamente no estudo da corrente contínua constante.



Representação no gráfico $i \times t$ da corrente alternada

Frequência da rede elétrica

Provavelmente você tem a informação de que a rede elétrica no Brasil é de 60 Hz (sessenta hertz). Isso significa que uma variação completa de i , ou seja, um ciclo, dura 60s. Assim, ocorrem 60 ciclos em cada segundo. Dizemos, então, que a frequência da rede elétrica é igual a 60 ciclos/segundo ou 60 Hz.

Vídeo

<https://drive.google.com/file/d/1bWB4XfaMe2RIW1dJLDZuGyjINcAbaPTF/view?usp=sharing>

2.3.6 Continuidade da corrente elétrica

Tempo estimado

10 min

Objetivos

-Analisar a continuidade da corrente elétrica em um circuito elétrico.

Orientações ao Professor:

Nessa aula deve ser discutido com os alunos o que significa a continuidade da corrente elétrica.

Materiais

Texto

Continuidade da corrente elétrica

Em um condutor a intensidade da corrente elétrica é a mesma em qualquer seção, ainda que ele tenha seção transversal variável. A isso damos o nome de continuidade da corrente elétrica.

Como consequência, se no “caminho” da corrente elétrica ocorrer uma bifurcação, a soma das correntes nas derivações será igual à corrente total, isto é, àquela anterior à bifurcação.

$$i = i_1 + i_2$$

2.3.7 Os efeitos provocados pela corrente elétrica

Tempo estimado

30 min

Objetivo

- Discutir os efeitos provocados pela corrente elétrica;
- Observar as aplicações desses efeitos;

Orientações ao professor

Nessa parte será discutido com os alunos os efeitos provocados pela passagem de corrente elétrica através de um corpo, aproveitando para enfatizar as aplicações, cuidados e perigos provenientes do manuseio de aparelhos alimentados por corrente elétrica.

Materiais

Os efeitos provocados pela corrente elétrica

Efeito térmico (Joule)

Qualquer condutor sofre um aquecimento ao ser percorrido por uma corrente elétrica. A nível molecular o aquecimento acontece por causa da **colisão** dos **elétrons** com os **átomos** do **condutor**, em que o **momento** é transferido ao átomo, aumentando a sua **energia cinética**. Podemos dizer, portanto, que, quando o elétron colide com os átomos, fazem com que os núcleos vibrem com maior intensidade. O grau de agitação molecular é chamado de **temperatura**, ou seja, quando os elétrons colidem, aumentam a energia cinética dos átomos, sua temperatura.

Vantagens

A corrente elétrica ao atravessar um condutor, provoca nele um aumento de temperatura. Este efeito é aproveitado em **ferros de passar, aquecedores, soldadores elétricos, secador de mãos, fogões, fornos, iluminação, proteção de instalações elétricas (fusíveis e disjuntores)**, etc

Desvantagens

Em grande parte de aplicações da energia elétrica, a produção de calor correspondente a perdas e em algumas situações pode originar danos mais ou menos graves, nomeadamente quando se verifica um **curto-circuito** ou maus contatos. Daí há necessidade de utilizar condutores devidamente calibrados para a corrente que vão suportar, bem como prever as proteções e isolamentos convenientes.

Efeito luminoso

Fenômeno elétrico molecular que tem origem quando os gases ionizados emitem luz no momento em que são atravessados pela corrente elétrica. Isso acontece, por exemplo, com as lâmpadas fluorescentes, de vapor de mercúrio, de vapor de sódio, entre outras onde acontece a transformação direta de energia elétrica em energia luminosa.

Efeito magnético

Um condutor, percorrido por corrente elétrica, cria, na região próxima a ele, um campo magnético.

Efeito químico:

É quando algumas reações químicas são percorridas por correntes elétricas. É bastante comum nos processos de eletrodeposição, usado para revestir certos metais com uma camada de outro (como prata, ouro, cromo, cobre e níquel), a fim de proteger essa peça metálica contra a corrosão.

Efeito fisiológico

A passagem da **corrente elétrica** pelo corpo humano gera efeitos que dependem da intensidade da corrente. As correntes elétricas podem gerar desde pequenos formigamentos até a morte. A ação mais intensa no corpo é sobre nervos e músculos, gerando sensações de dor, comoção (choque) nos nervos motores e contrações musculares.

As instalações elétricas residenciais no Brasil fornecem diferenças de potencial (ddp) de 110 V ou 220 V, dependendo da região. Os choques gerados por essas ddps podem causar até mesmo morte se atingirem principalmente idosos, crianças e pessoas com problemas cardíacos.

Tabela 1- Efeitos provocados pela passagem de corrente elétrica pelo corpo humano

INTENSIDADE DA CORRENTE (A)	EFEITO FISIOLÓGICO
0,001 a 0,01	Pequenos formigamentos
0,01 a 0,1	Contrações musculares, dor, dificuldade para respirar, parada cardíaca.
0,1 a 0,2	Fibrilação ventricular
0,2 a 1	Parada cardíaca, parada cardiorrespiratória
1 a 10	Queimaduras graves, parada cardíaca e morte.

Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/efeitos-corrente-eletrica-sobre-corpo-humano.htm>

Nota: Algumas **cercas elétricas** residenciais produzem choques de 10 mil volts! Porém, elas não são mortais, pois a intensidade da corrente elétrica é extremamente baixa. O objetivo é fazer com que um possível invasor seja afugentado pela força do choque, mas que não fique grudado na cerca.

Algumas considerações

Atualmente, tomando como ponto de partida que os elétrons e os prótons são partículas materiais dotadas de carga elétrica, nós conseguimos explicar quase a totalidade dos fenômenos elétricos conhecidos. Apesar disso existe uma verdadeira lenda entre os leigos de que "não sabemos nada a respeito da eletricidade". Essa ideia é falsa, e é tremendamente prejudicial para os principiantes, que passam a considerar a eletricidade como uma coisa um tanto misteriosa e um tanto perigosa. Não estamos querendo afirmar aqui que os físicos já sabem tudo a respeito da eletricidade. Não, porque há muitos e muitos fatos que ainda não foram explicados. Por exemplo, não sabemos até hoje porque os elétrons tem carga elétrica, porque os prótons tem carga elétrica, como a atração entre prótons e elétrons no átomo se combina com a atração gravitacional (devida às massas mecânicas deles), não sabemos explicar bem porque certas substâncias são condutoras quando a eletricidade passa num sentido e são isolantes quando a eletricidade passa em sentido oposto, e muitos outros fatos. Mas não é porque ignoramos muita coisa que vamos passar a olhar a eletricidade assim meio de esguelha, e não acreditar em fatos se passam diante de nós todos os dias. Em qualquer parte de qualquer ciência existem e sempre existirão muitos e muitos fatos que o homem não sabe explicar. E são exatamente esses fatos que puxam a ciência para a frente.

1. Considere os seguintes dispositivos elétricos comuns em nosso cotidiano: uma bateria de automóvel, uma lâmpada incandescente e uma lâmpada fluorescente. Nesta sequência, a corrente elétrica no interior de cada aparelho é constituída, exclusivamente, por movimento de:

- a) íons; elétrons; elétrons e íons.
- b) elétrons e íons; íons; elétrons.
- c) elétrons e íons; elétrons e íons; elétrons e íons.
- d) elétrons; elétrons; elétrons.
- e) íons; elétrons e íons; íons.

Objetivo: observar como os estudantes compreendem a corrente elétrica em materiais sólidos, líquidos e gasosos.

2. Em um relâmpago, a carga elétrica envolvida na descarga atmosférica é da ordem de 10 coulombs. Se o relâmpago dura cerca de 10^{-3} segundos, a corrente elétrica média, vale, em ampère:

- a) 10 A.
- b) 100 A.
- c) 1000 A.
- d) 10000 A.
- e) 100000 A.

Objetivo: Compreender como os estudantes interpretam a intensidade da corrente elétrica.

3. Existem cobertores que, em seu interior, são aquecidos eletricamente por meio de uma malha de fios metálicos nos quais é dissipada energia em razão da passagem de uma corrente elétrica.

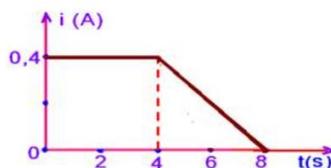
Esse efeito de aquecimento pela passagem de corrente elétrica, que se observa em fios metálicos, é conhecido como:

- a) efeito Joule.
- b) efeito luminoso.
- c) efeito químico.

- d) efeito magnético.
- e) efeito fisiológico.

Objetivo: Observar a compreensão a respeito dos efeitos provocados pela passagem de corrente elétrica

4. O gráfico mostra, em função do tempo t , o valor da corrente elétrica i através de um condutor.



Seja Q a carga elétrica que circulou no intervalo de tempo de 0 a 4,0, a carga elétrica que circulou no intervalo de tempo de 4,0s a 8,0s foi:

- a) 0,25Q
- b) 0,40Q
- c) 0,50Q
- d) 2,0Q
- e) 4,0Q

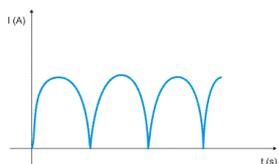
Objetivo: Compreender como os estudantes interpretam a área sob o gráfico da corrente elétrica em função do tempo.

5. Nas linhas de distribuição de energia elétrica de alta voltagem, responsável pelo abastecimento das cidades, a corrente elétrica circula de forma alternada. Dos gráficos abaixo, qual melhor representa a situação em questão?

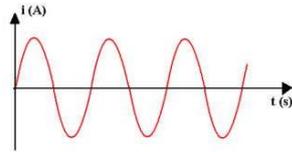
a)



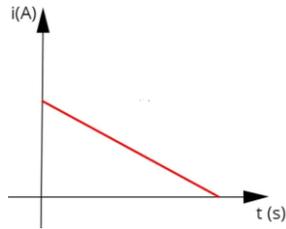
b)



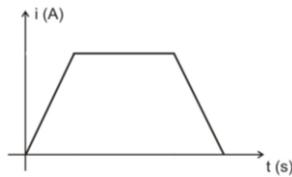
c)



d)



e)



Objetivo: Compreender o entendimento dos estudantes a respeito dos tipos de corrente elétrica

Gabarito: 1A; 2D; 3A; 4C e 5C

2.4 Revisão

Introdução

É necessário que se reveja o que foi apresentado, na busca de consolidar e(ou) corrigir algum problema identificado, para evitar que se propaguem conceitos errôneos ou deficientes.

Tempo estimado

2 aulas (100 min)

Objetivos

- Identificar possíveis erros;
- Consolidar o que foi estudado.

Orientações ao professor

Durante toda a etapa de aplicação da SD, o professor deverá coletar informações que o permitam identificar as deficiências dos alunos, isso pode ser feito pelos instrumentos de coleta de dados utilizados. Depois disso, deverá trabalhar para que essas deficiências sejam sanadas, reforçando e(ou) corrigindo o que for preciso durante as aulas e em particular nesse momento, que é dedicado exclusivamente para esse fim. É aconselhado para esse trabalho que se reutilize

os materiais contidos no mesmo, reforçando conceitos aceitos hoje como corretos e desmontando conceitos que não estão de acordo.

Materiais

Os materiais que foram utilizados ao longo das aulas, não em sua integralidade, somente os que forem cabíveis para intervir nas deficiências observadas.

Nota: Para um melhor entendimento dessa etapa, leia a parte da análise de dados dessa dissertação, em particular, a etapa da revisão.

2.5 Avaliação somativa

Introdução

A avaliação busca qualificar o alcance de determinados objetivos de aprendizagem ao final de uma fase de aprendizagem.

Tempo estimado

2 aulas (100 min)

Objetivos

- Buscar informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno.

Orientações ao professor

Nessa parte final, os alunos deverão ser apresentados ao que é um Mapa Conceitual, depois disso, os mesmos deverão confeccionar, individualmente, o seu mapa, que servirá como um indicador de aprendizagem significativa.

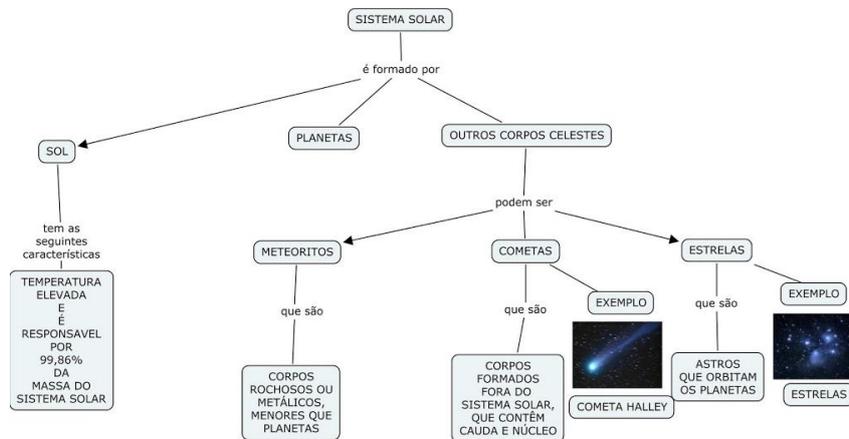
Materiais

O que é e como fazer um mapa conceitual

Existe uma brincadeira chamada “quem sou eu?”, na mesma, alguém coloca um cartão com a figura de algum personagem preso a testa, quem está com o cartão não sabe o seu personagem. O objetivo dessa brincadeira é que a pessoa escolhida adivinhe, através de dicas, quem está na carta. Vamos para um exemplo, supondo que a figura no cartão seja a do incrível Hulk, espera-se, para esse personagem dicas como herói, forte, verde, entre outras.

Semelhante a essa brincadeira apresentada, existe um recurso educacional chamado Mapa Conceitual, onde, um tema proposto, deve ser apresentado utilizando conceitos. Observe abaixo, um exemplo.

Mapa conceitual sobre o Sistema Solar

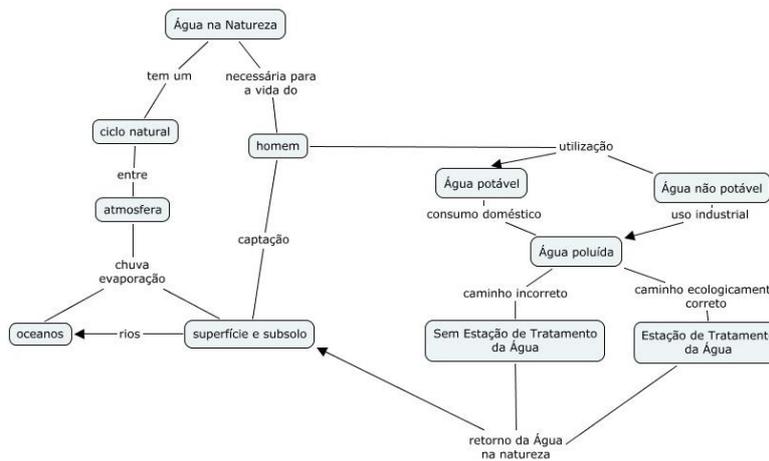


Disponível em:

<http://proavirtualg49.pbworks.com/w/page/18674216/Segunda%20Vers%C3%A3o%20do%20Mapa%20Conceitual>

Nesse exemplo, os conceitos sobre o tema Sistema Solar foram organizados de maneira bem específica, diferente da brincadeira ‘quem sou eu?’, em que as dicas poderiam ser apresentadas de qualquer maneira, no Mapa Conceitual, o conceito mais geral fica em destaque, no nosso caso, em cima, e os mais específicos em baixo, melhor dizendo, de uma forma hierárquica, além disso, para deixar claro como e quais conceitos se relacionam, foram usadas setas com uma palavra ou frase de ligação, se você seguir essas linhas, perceberá que elas apresentam uma informação lógica. Observe um outro exemplo.

Mapa conceitual sobre a água na natureza



Disponível em: <http://www.cp2.g12.br/blog/laben2/trabalhos-anteriores/trabalhos-6%C2%B0-ano/mapas-conceituais/mapas-conceituais-605/>

Podemos ver, através desse exemplo, que os conceitos mais específicos, além de estarem ligados ao conceito mais geral, podem estar ligados entre si, e, essa ligação, sempre se dá de maneira lógica, lembra do que foi dito anteriormente, ela forma uma espécie de frase. Do exposto, fica claro, que um Mapa Conceitual, é um arranjo de conceitos relacionados entre si.

Por fim, apresentaremos agora, os pontos que devem ser observados no momento em que se deseja construir de um Mapa Conceitual, eles são os seguintes:

- Escolha de um tema;
- Escrever as ideias relevantes a respeito desse tema;
- Deixar claro quais as relações existentes entre essas ideias e o tema e, entre as próprias ideias, utilizando para isso as setas e as frases de ligação.

Esse tipo de ferramenta pode lhe auxiliar em vários momentos dos seus estudos, tais como: analisar textos, artigos, capítulos de livros, se testar em relação a algum conteúdo, organizar uma informação de uma maneira que lhe faça mais sentido, entre outros. O Mapa Conceitual é mais uma ferramenta para lhe auxiliar nos estudos, mãos à obra!

Referências

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; LISBOA-FILHO, P. N.; CALUZI, J. J.; PEREZ, J. R. B. Contribuições da história da ciência para o ensino do conceito de carga elétrica - os princípios de Du Fay para eletricidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVIII., 2009, Vitória. Anais... Vitória: Sociedade Brasileira de Física, 2009b.

Cindra, J. L.; Teixeira, O. P. B. (2005). A evolução das ideias relacionadas aos fenômenos térmicos e elétricos: algumas similaridades. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, 22(3), 379-399.

Junior, J. B. R. F. (2008). História do desenvolvimento das máquinas eletrostáticas como estratégia para o ensino de conceitos de eletrostática. (Monografia. Licenciatura em Física). Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Recuperado de <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/4122/3123>

Morais, R.F. (2014). A natureza da eletricidade: uma breve história. 74f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) –Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TONIDANDEL, D.; ARAÚJO, A.; BOAVENTURA, W. História da Eletricidade e do Magnetismo: da Antiguidade à Idade Média. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40, n. 4, 2018.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Sobre os efeitos das correntes elétricas – Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica, *Revista da SBHC*, v. 5, n. 1, p. 85-102, 2007a.

MAGNAGHI, C. P.; ASSIS, A. K. T. Sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre substâncias condutoras de tipos diferentes – Uma tradução comentada do artigo de Volta de 1800 descrevendo sua invenção da pilha elétrica, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, p. 118-140, 2008.

SILVA, C.; PIMENTEL, A. C. A. S. Benjamin Franklin e a história da eletricidade em livros didáticos. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2007, Londrina. Atas do X EPEF. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2006.

SOUZA FILHO, M. P.; BOSS, S. L.; CALUZI, J. J. A eletricidade estática: os obstáculos epistemológicos, as concepções espontâneas, o conhecimento científico e a aprendizagem de conceitos. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. Atas do V ENPEC. Florianópolis: Associação de Pesquisadores em Ensino de Ciências, 2007.

SOUZA FILHO, M. P.; BOSS, S. L.; CALUZI, J. J. Diferenças e semelhanças entre eletricidade e magnetismo: o diálogo histórico entre o erro e a verdade subsidiando o ensino de Física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI., 2008a, Curitiba. Anais... Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2008a.

Eletricidade e Magnetismo (Básico): Nota histórica. E-Física, c2007. Disponível em: <http://fisica.if.usp.br/eletricidade/basico/fenomenos/nota_historica/>. Acesso em: 30 de jan. de 2021.