

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA, MATEMÁTICA
E EDUCAÇÃO

RENAN HERMENEGILDO MATOS ROCHA

CAMPO ELÉTRICO: Uma proposta de sequência
didática utilizando fanzines

ARARAS

2022

RENAN HERMENEGILDO MATOS ROCHA

CAMPO ELÉTRICO: Uma proposta de sequência didática utilizando fanzines

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de São Carlos para a aprovação na disciplina de Monografia em Física 2.

Orientação: Helka Fabbri Broggian Ozelo
Coorientação: Fernanda Vilhena Mafra Bazon

Araras - SP
2022

RENAN HERMENEGILDO MATOS ROCHA

CAMPO ELÉTRICO: Uma proposta de sequência didática utilizando fanzines

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de São Carlos para a aprovação na disciplina de Monografia em Física 2.

Data da defesa: 25 de abril de 2022

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Helka Fabbri Broggian Ozelo

Universidade Federal de São Carlos

Prof. Fernanda Vilhena Mafra Bazon

Universidade Federal de São Carlos

Prof. Alexandre Colato

Universidade Federal de São Carlos

Prof. Daniele Lozano

Universidade Federal de São Carlos

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora e coorientadora, Helka e Fernanda, pela paciência e confiança durante a realização deste trabalho. Em especial a professora Helka, que sem dúvidas, marcou positivamente a minha trajetória na Universidade. Mesmo antes de conhecê-la, quando ainda tinha dúvidas sobre qual caminho seguir (ciências biológicas ou física) fui motivado a escolher licenciatura em física, por uma de suas falas num vídeo de apresentação do curso. Nele, afirmava que os alunos veriam ali a física dos fenômenos interessantes. E foi o que realmente aconteceu. Não tenho palavras para expressar o quanto sou grato pelos seus ensinamentos.

Gostaria de agradecer à minha família pelo apoio nesta jornada. Especialmente aos meus pais, Reinaldo e Vilma. Meu pai, por dedicar parte do seu tempo para me levar à Ufscar, quando ainda não havia transporte que fizesse o trajeto. E minha mãe, por me incentivar nos momentos mais difíceis com palavras e gestos de carinho. Sem os dois, talvez não teria conseguido ingressar e permanecer na graduação.

Agradeço também a todos os meus amigos e colegas que estiveram comigo ao longo destes anos, e que de alguma forma contribuíram para a minha evolução neste curso. Sobretudo, agradeço a Beatriz por ser uma grande amiga e por estar presente, nos momentos bons e ruins.

Por fim, agradeço a Ufscar como um todo, por ter me proporcionado viver e encontrar pessoas incríveis que levarei pelo resto da minha vida.

RESUMO

Este trabalho propõe a elaboração de uma sequência didática (SD) que priorize o uso de desenhos para explorar o conceito de campo elétrico através de diversas óticas (histórica, matemática e das aplicações reais). Tendo por base a teoria de aprendizagem de Vigotski, foi desenvolvido o conceito abstrato de campo por meio das modificações históricas usando ilustrações. Essas ilustrações foram organizadas em formato de fanzine para compor uma proposta de sequência didática para alunos do 3º ano do ensino médio (EM). No entanto, devido aos impactos gerados pela Covid-19, sua aplicação em campo não foi possível, o que mudou o caráter da presente pesquisa para qualitativa.

Palavras-Chave: Sequência didática; Campo Elétrico, Fanzine, Desenhos.

SUMÁRIO

RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	8
2.1. Objetivo geral.....	8
2.2. Objetivos específicos.....	8
3. LEVANTAMENTO TEÓRICO	8
3.1. A abstração do conceito de campo	8
4. UM POUCO SOBRE OS FANZINES	10
5. A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL	13
6. O LÚDICO NA TEORIA DE VIGOTSKI	15
7. METODOLOGIA	16
7.1. A importância da sequência didática.....	17
7.2. Estrutura do fanzine	18
8. PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA	19
8.1. Unidade 1: introdução do contexto histórico	20
8.2. Unidade 2: contextos históricos com enfoque na experimentação.....	21
8.3. Unidade 3: aplicação matemática para a compreensão dos conceitos físicos	22
8.4. Unidade 4: realização do próprio fanzine.....	23
9. PROCESSO DE AVALIAÇÃO	23
9.1. Avaliações parciais.....	23
9.2. Avaliação final	32
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	36
ANEXO A: PLANOS DE AULA	38
ANEXO B: FANZINE	51

1. INTRODUÇÃO

Após uma breve análise da minha trajetória escolar, percebo uma questão interessante: os desenhos como instrumento de ensino. É comum pensar que os desenhos podem facilitar a compreensão dos assuntos, bem como chamar a atenção de determinado público, principalmente crianças e adolescentes. E foi a partir dessa ideia, juntamente com as experiências por mim vivenciadas no período escolar, que passei a ver o tema com a potencialidade de se tornar um objeto de pesquisa.

Para exemplificar, ponho-me em evidência. Ao me deparar com algum conteúdo de difícil compreensão, fosse pela extensão, complexidade ou abstração, buscava associá-lo a desenhos. Isso me auxiliava na compreensão e na memorização dos assuntos. Faço aqui um parêntesis para esclarecer, que tenho clareza que, embora a memorização esteja ligada ao processo de ensino, ela por si só não significa aprendizagem, uma vez que aprender remete a um conceito mais amplo e aprofundado. No entanto, parto do princípio que as representações gráficas podem atuar como facilitadoras na compreensão de alguns conceitos, principalmente aqueles mais abstratos.

A partir disso, surgiram os seguintes questionamentos: seria possível utilizar esta estratégia para ensino de física? Quais seriam as vantagens e desvantagens? Como desenvolver uma aula neste estilo?

Logo, elaborou-se a seguinte questão de pesquisa: **“De que maneira o uso de desenhos poderia atuar como um agente facilitador na compreensão de conceitos no ensino de física?”**

Para responder a esta pergunta, buscou-se desenvolver um material didático para este fim, cujo enfoque foi o conceito de campo elétrico. Sua escolha não foi aleatória, haja vista o seu alto grau de abstração e, por isso, a dificuldade de entendimento por grande parte dos estudantes.

Para tanto, o método escolhido foi a confecção de fanzines, que de maneira simples pode ser definido como uma revista de cunho totalmente autoral, na qual o autor possui todo o controle do processo produtivo e criativo. Com ele, o professor poderia organizar os conteúdos a serem trabalhados de forma clara e lúdica. Porém, para afirmar que as escolhas são pertinentes em relação a questão da aprendizagem, foi pensado em pautar-se numa teoria psicológica. A teoria escolhida foi a histórico-cultural de Vigotski, a qual relaciona a aprendizagem às dimensões históricas, sociais e culturais para o desenvolvimento e a aprendizagem do indivíduo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste projeto foi a utilização de desenhos como agentes facilitadores na compreensão de conteúdos abstratos no ensino de física, mais especificamente, o conceito de campo elétrico.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos foram

1. Trabalhar o conceito físico de interação à distância, com ênfase no campo elétrico;
2. Elaborar uma sequência didática específica para os estudantes do 3º ano do EM;
3. Utilizar recursos lúdicos, como o desenho;
4. Propor uma atividade avaliativa, na qual o estudante construa seu próprio fanzine.

3. LEVANTAMENTO TEÓRICO

3.1. A ABSTRAÇÃO DO CONCEITO DE CAMPO

A curiosidade humana, quanto aos fenômenos da natureza, possibilitou a criação de uma ciência capaz de descreverlos utilizando equações matemáticas, gráficos e formulações teóricas para constituir a disciplina conhecida atualmente como física. Apesar de existir um leque de possibilidades, que auxiliariam no processo de ensino, percebe-se que há uma certa dificuldade dos alunos em compreenderem tais fenômenos apenas por meio de gráficos e equações.

Por experiência própria, posso dizer que tal dificuldade aumenta à medida que os assuntos ultrapassam o limite daquilo que é observável (ou facilmente imaginável) para o que não é. Motivado a verificar as potencialidades do assunto, levantamos as possíveis limitações na compreensão do eletromagnetismo com enfoque, a princípio, nas definições de campo elétrico, bem como, buscamos evidenciar as possíveis alternativas, a fim de diminuir este problema.

Quando se trata da ideia de campo, para Marcos Correa da Silva e Sonia Krapas (2007), é imprescindível falar previamente sobre ação à distância e ação mediada. A primeira,

diz que um corpo age sobre outro, sem contato direto, independente de mediação, já a segunda, necessita de um mediador para que a interação ocorra (SILVA; KRAPAS, 2007). No decorrer da história, pudemos verificar o amadurecimento destes pensamentos, mas que deixaram resquícios em alguns livros didáticos, responsáveis por confusões teóricas nos alunos até os dias de hoje, principalmente relacionadas à definição de campo.

Embora os pensadores gregos já tentassem explicar os fenômenos de interação que envolviam as rochas magnéticas, o conceito de campo só começou a ser desenvolvido na Mecânica, a partir da Lei da Gravitação Universal de Newton em 1687, ao propor que dois corpos, como a Terra e a Lua interagiam entre si por meio da gravidade. Como na época Newton não se preocupou em explicar a causa do fenômeno, muito se especulou sobre como se daria a interação entre dois corpos fisicamente separados. No entanto, Newton já tinha a preocupação em explicar a tal ação à distância, quando em uma carta enviada a Richard Bentley, considerou um tanto quanto ingênuo pensar que um corpo poderia exercer uma força sobre outro sem que houvesse um mediador (apud ROCHA, 2009, p.1604-5).

Mais tarde, o conceito de campo como mediador seria estendido para as interações elétricas e magnéticas após o experimento de Oersted, no qual os pesquisadores da época passaram a se preocupar com as causas das transmissões de forças magnéticas, sendo um deles o físico Michael Faraday (1821), que era contrário à ideia de ação à distância, por acreditar que este conceito traria inconsistências físicas. Outra questão que influenciou em seu posicionamento foi a observação das denominadas linhas de força usando limalhas de ferro sob efeito de um ímã (SILVA; KRAPAS, 2007).

A partir das linhas de força observadas por Faraday, James Klark Maxwell em 1873 buscou explicar matematicamente o que mediaria a interação entre corpos espacialmente separados. Para isso, começou a trabalhar com a possibilidade da existência de um fluido considerado fundamental da natureza, o éter, responsável por preencher todos os espaços vazios existentes e que explicaria as transmissões das forças.

De maneira geral, então, Maxwell propõe seu conceito de campo como uma região onde ocorre os fenômenos eletromagnéticos.

A existência do éter para o eletromagnetismo foi apoiada pelos pesquisadores de ondulatória, que também propunham a existência de um fluido para a propagação das ondas luminosas, chamado de éter lumífero. A proposta de Maxwell, amparada na existência do éter, foi contraposta com o experimento de Michelson-Morley realizado em 1887, mas essa ideia estava enraizada de tal maneira, que ainda assim, alguns cogitavam pontos para confirmar sua existência. Em 1892, Lorentz, por sua vez, propôs a existência de um novo

referencial inercial. Com isso, o campo seria definido como um sistema mecânico não newtoniano (SILVA; KRAPAS, 2007).

Em 1905, Einstein se mostrou insatisfeito com esta proposição ao apresentar sua teoria da relatividade restrita, já que acreditava ser fisicamente impossível alterar as leis da física ao mudar o referencial inercial. Sendo assim, um campo eletromagnético deveria ser definido como algo dotado de propriedades dinâmicas, capaz de interagir com a matéria (SILVA; KRAPAS, 2007).

De acordo com esta retrospectiva, pode-se notar diversas alterações na formulação do conceito de campo ao longo da história e, assim como demonstra Silva e Krapas (2007) numa pesquisa das definições de campo nos livros didáticos de física, a palavra “campo” assumiu diversos significados ao longo do tempo, sendo ora tratado como uma região do espaço, outra, como algo que a preenche.

É certo que o conceito de campo pode ser tratado por diferentes perspectivas, como históricas ou matemáticas, mas é preciso deixar claro ao aprendiz as predefinições para que não haja confusões quanto ao seu significado.

4. UM POUCO SOBRE OS FANZINES

Ao levantar a situação problema no ensino de campo, ligada à abstração e aos conflitos de significados, tornou-se evidente a necessidade de elaborar estratégias de ensino baseada em modelos que pudessem ajudar o aluno a compreender de forma clara o que estava sendo abordado.

Existe um pensamento de senso comum, no qual, o conteúdo deve ser simplificado ou reduzido para ser compreendido pelo estudante. No entanto, muitas das simplificações interferem diretamente na qualidade do ensino e pode induzir a graves erros conceituais.

Pelos estudos de Carvalho, Watanabe, Martín (2017, p. 3238), é possível encontrar uma possibilidade para minimizar as dificuldade no ensino de campo: a complexidade. Embora tenham se dedicado às questões voltadas para o meio ambiente, a estratégia pode ser amplamente aplicada em outras áreas do ensino. Este estudo sugere que a educação escolar não pode ser tratada como neutra e sem influências sociais e culturais pelo fato de ser dinâmica, numa interação contínua entre sociedade, escola e ciência. Nesse sentido, é preciso abranger o assunto às áreas de conhecimento relacionadas e evitar simplificações a fim de promover uma educação criativa, problematizadora e racionalizada.

É importante ressaltar que não podemos pensar em complexidade no sentido de

complicar algo ou alguma coisa (WATANABE; KAWAMURA; 2020), mas sim, pensar como uma forma de trabalho que relaciona o conhecimento com aspectos sociais, culturais de forma que o indivíduo atue sobre sua realidade e seja crítico quanto aos problemas que o cercam.

Entretanto, ao fazer uma abordagem desse tipo, é necessário despertar a motivação dos estudantes: como é possível promover um ensino do conceito de campo de maneira clara e criativa levando em consideração os diferentes aspectos que são relacionados ao tema? É nessa perspectiva que a ideia dos fanzines como estratégia de ensino pode ser aplicada.

Fanzine é um neologismo proveniente da junção de duas palavras “fanact” e “magazine” que, ao pé da letra, poderia ser traduzido como revista de fã. Basicamente é uma revista de cunho autoral de baixo custo, na qual o autor está integralmente ligado a todos os processos de criação, desde a escolha do conteúdo até a apresentação artística. Em seu fanzine, o autor fica livre de amarras editoriais, sem se preocupar com grandes tiragens, lucros e afins. Por se tratar de algo independente ele se torna livre para definir o número de cópias, páginas, layout, distribuição etc (MAGALHÃES, 1993).

Ao analisar historicamente o surgimento dos fanzines é possível afirmar que eles sofreram mudanças com relação ao seu conteúdo e objetivo. O primeiro fanzine que se tem conhecimento foi criado em 1930 com Ray Palmer nos Estados Unidos do gênero de ficção científica. A partir de então, houve a criação de incontáveis fanzines desse tipo, o que dominou o cenário da época e sendo um ponto crucial para a promoção dessa ideia para outros países como França, Inglaterra, Alemanha, Portugal e até o Brasil (MAGALHÃES, 1993).

No Brasil, os fanzines adquiriram uma característica própria, marcado por uma forte ligação com quadrinhos, voltados principalmente ao cinema. Na década de 60, um grupo de fanzineiros de Porto Alegre, clube de FC, editou o primeiro fanzine de ficção, a partir de então, a ideia se espalhou por diversas regiões do país. E foi a partir de 1984, que o movimento ganhou força. A maneira como o fanzine em quadrinhos se difundiu no Brasil foi tão importante que pode ser dividido em quatro fases: pioneira, consolidação, expansão e a crise.

Dentre essas fases, a crise foi a mais marcante, devido aos problemas econômicos enfrentados no país. Os preços dos materiais de base, que eram utilizados na confecção, aumentaram significativamente, como papel e fotocópias. Além disso, o envio/vendas pelo correio era inviável devido à alta oscilação das taxas. A fim de superar estas dificuldades, várias opções foram apresentadas, como a criação de cooperativas, reuniões com outros criadores etc (MAGALHÃES, 1993).

Por mais que o fanzine se apresentasse como um modo mais artístico no princípio, ele adquiriu outras funções, principalmente sociais. Após a explosão do movimento Punk, os fanzines assumiram um papel importante para a época: expressavam a indignação com o contexto social e econômico da Inglaterra. No início da década de 70, os ingleses sofriam com o aumento do desemprego, o que gerou uma certa revolta entre jovens adeptos ao anarquismo e contra o sistema capitalista vigente. Vistos como rebeldes e postos a margem da sociedade, os fanzines foram instrumentos de divulgação de suas ideias, bem como da cultura punk no geral (CASTRO; CASTRO; OLIVEIRA, 2015).

Recentemente, os fanzines têm ganhado espaço nas salas de aula. Eles são utilizados como um meio de expressão e fixação dos conteúdos trabalhados na escola. Para Campos (2016), seu uso está ligado diretamente à arte e à comunicação, fatores que considera decisivos na transformação do indivíduo para que assim possa expandir novas visões de mundo.

Para Camilo (2019), os zines podem auxiliar em metodologias ativas no ensino de ciências. Apoiado em métodos nos quais o aluno é considerado o protagonista do processo de ensino, a autora considera que os fanzines desenvolvem competências importantes, como o trabalho em grupo, a interpretação de texto e imagens, a organização de ideias etc. Ultrapassando os meios tradicionais, sugere a inserção de meios digitais para sua confecção, o que estimularia ainda mais os estudantes durante o processo criativo.

Já Pinto (2020) enxerga seu uso de maneira mais aprofundada, além de aproximar o educando da leitura e da produção de textos, estreita a relação aluno-professor. Esta é fundamental para uma aprendizagem efetiva, uma vez que o educador conhece melhor seu aluno, bem como o contexto na qual este está inserido, seja social, cultural, econômico e histórico. Em sua proposta, o professor se encarrega de elaborar e organizar o fanzine para o aluno, diferente dos métodos utilizados normalmente, em que o aluno é responsável pela sua confecção.

Tendo em vista o potencial dos fanzines para promover transformações na sociedade através da sua fácil veiculação e alta atratividade, devido ao design caótico/criativo seu uso para fins educacionais torna-se cada vez mais relevante. Utilizado como uma proposta didática, alguns professores aproveitam das especificidades dos zines para desenvolver a criatividade, racionalidade e criticidade nos alunos.

Como é possível verificar, os fanzines são bons candidatos a instrumentos didáticos eficientes. Logo, ao retomarmos a ideia inicial, de estabelecer uma estratégia para minimizar os impactos da abstração do conceito de campo no ensino de física, estes tornam-se válidos

para o presente trabalho.

5. A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL

Por se tratar de uma pesquisa diretamente ligada às estratégias de ensino, fica subentendido que o presente autor possui uma crença quanto à aprendizagem dos alunos, apoiada em uma teoria psicológica para justificar seus métodos e conseqüentemente os impactos gerados por ela no processo de ensino-aprendizagem.

A psicologia tem sido uma grande aliada do ensino, principalmente, depois das formulações das teorias de desenvolvimento humano. No entanto, como o homem é um ser que aprendeu a viver em sociedade, os fatores sociais, culturais e históricos não podem ser desconsiderados (FERNANDES; SCALCON, 2012). Sendo assim, a teoria que melhor se aplica, a pesquisa em questão, é a teoria histórico-cultural de Lev Semyonovich Vigotski.

Motivado por uma ciência capaz de unificar e criar uma nova psicologia, Vigotski teve um importante papel para ao desenvolvimento da área. Durante o início do século XX a psicologia era dividida em duas vertentes, uma denominada naturalista, voltada ao estudo dos mecanismos físicos e psíquicos, e outra mentalista, caracterizada pelo pensamento dos processos superiores e limitada a ser estudada por meios fenomenológicos descritivos, por isso, essa vertente não poderia ser considerada ciência, o que causou uma profunda crise na psicologia europeia (FERNANDES, SCALCON, 2012).

Diante desse cenário, Vigotski, influenciado diretamente pela situação histórica que envolvem as ideias de Marx e Engels, formula as bases necessárias para promover sua unificação de maneira que pudesse analisar, descrever e explicar as funções psicológicas superiores, através das condições históricas, culturais e sociais individuais, baseada no desenvolvimento biológico e mental do indivíduo (SANTA; BARONI, 2014). Embora suas contribuições fossem notáveis, seu reconhecimento foi consolidado somente após a sua morte em 1934, quando se difundiram pela Europa e América.

Do ponto de vista histórico-cultural, o desenvolvimento humano acontece a partir da relação entre sujeito e objeto na interação com o mundo ao seu redor, ou seja, ele se desenvolve, à medida que aprende (VIGOTSKI, 2007). Para compreendermos melhor estes conceitos, podemos então começar a relacioná-los à exemplos reais e às situações envolvendo o âmbito educacional e escolar. Em princípio, é interessante discorrermos os assuntos acerca do que é considerado aprendizagem.

A aprendizagem de uma criança vai muito além do ambiente escolar, ela inicia-se com

as relações entre seu entorno, quando interage com seu meio, como propõe Vigotski.

[...] as crianças começam a estudar aritmética na escola, mas muito antes elas tiveram alguma experiência com quantidades – elas tiveram que lidar com operações de divisão, adição, subtração e determinação de tamanho. Conseqüentemente, as crianças têm a sua própria aritmética pré-escolar [...](VIGOTSKI, 2007, p.56).

Com isso, é notório, que apesar de não estar presente no ambiente não-sistematizado, a criança porta elementos históricos que a permite identificar o mundo a seu modo.

Já no ambiente escolar, também chamado de ambiente sistematizado, a criança terá a possibilidade de aprender através da instrução de alguém, que possui o domínio do conhecimento a ser aprendido. É importante ressaltar que a aprendizagem para Vigotski não é apenas um ganho de uma habilidade, mas sim um conjunto de conhecimentos que podem ser reorganizados para a resolução de problemas de outro nível de complexidade.

Uma vez caracterizado o que é aprendizagem, é preciso compreender como ela se dá através dos instrumentos. Para Vigotski (2007), a aprendizagem só acontece através de um mediador, entre indivíduo e mundo. Estes mediadores podem ser classificados de duas maneiras distintas: instrumentos e signos. O primeiro refere-se a mediadores concretos, por exemplo, uma colher para levar a comida à boca, um vaso para carregar água etc. Já os signos, correspondem a mediadores psicológicos, que auxiliam na organização do pensamento, por exemplo, a fala.

A fala é um signo importante para que seja possível se tornar humano. Quando uma criança é exposta a fala, por intermédio de seus pais, ou afins, aos poucos, ela domina o uso desse mediador, devido às influências culturais e sociais ligadas a ela. O que permite a atribuição de significados às palavras e conseqüentemente a organização do pensamento através da linguagem.

Podemos, então, definir os processos relacionados ao desenvolvimento. Por muito tempo, os testes de desenvolvimento eram aplicados nas crianças, a fim de estabelecer seu estágio, no entanto, estes testes consideravam apenas o que elas sabiam de fato, desconsiderando as atividades que poderiam ser concluídas com a instrução de outro (VIGOTSKI, 2007).

Esta questão foi crucial, pois a partir dela foi pensada no conceito de nível de desenvolvimento potencial. Para ele, a capacidade da criança conseguir resolver um problema, sob a orientação de outro, seria um indicativo muito mais efetivo do que medir apenas pelo o que a criança sabe realizar individualmente. Pois através dessas análises pode-

se estabelecer os elementos que estão amadurecidos e os que estão em processo de maturação.

Quando a criança já não necessita do auxílio do outro para a realização de uma atividade, Vigotski (2007) define outra categoria de desenvolvimento, chamada de nível de desenvolvimento real, que corresponde à atividade em que a criança consegue realizar sozinha, sem a instrução de outro indivíduo.

Além desses dois níveis, há um nível intermediário entre eles, chamada de zona de desenvolvimento proximal (ou iminente).

[...]a zona de seu desenvolvimento iminente, ou seja, os processos que, no curso do desenvolvimento das mesmas funções, ainda não estão amadurecidos, mas já se encontram a caminho, já começam a brotar; amanhã, trarão frutos; amanhã, passarão para o nível de desenvolvimento atual [...] (apud PRESTES, 2010, p.174).

Isso significa que esta zona só pode ser estabelecida, quando as outras duas estão bem definidas (nível de desenvolvimento real e nível de desenvolvimento potencial). Exemplificando a relevância dessa área para a aprendizagem humana, podemos citar os experimentos de Kohler realizados em primatas (VIGOTSKI, 2007). De acordo com seus resultados, houve a percepção de que, pelo fato de os chimpanzés não possuírem zona de desenvolvimento proximal, eles não conseguiam aprender, como humanos, pelo método da imitação, uma vez, que ficavam restritos à problemas de mesmo grau de dificuldade.

6. O LÚDICO NA TEORIA DE VIGOTSKI

A física é uma das áreas com uma grande diversidade de representações, como gráficos, tabelas, imagens, esquemas, equações entre outros, que por vezes, são negligenciadas durante o ensino. As diferentes maneiras de representar um fenômeno físico, pode exigir um pouco mais do profissional docente na hora de preparar a aula, uma vez que este deve instruir de maneira correta e possibilitar que o aluno associe um significado aos conceitos estudados, para que ao final haja sentido.

Pensando nessas questões, voltaremos aos estudos de Vigotski para os assuntos relacionados aos instrumentos lúdicos, brincadeiras e desenhos, como mediadores do ensino, que futuramente podem ser pensados e aplicados ao ensino de física.

A primeira preocupação quanto ao assunto está ligada ao público-alvo da sequência didática preparada. De acordo com Scherer (2013), o brinquedo que interessa ao bebê pode não interessar na mesma intensidade uma criança mais velha. Sendo assim, poderia a

estratégia lúdica tornar-se desinteressante a um jovem? É comum vermos certo desinteresse quando se trata de desenhos entre jovens, mas isso é devido uma construção social voltada à competição do tipo “quem desenha melhor?” ou até mesmo uma frustração gerada a partir da insuficiência de técnicas para alcançar os padrões da realidade como cores, luz, sombra, traços e afins (IAVELBERG, 2008, apud. FERRONATO, 2016, p. 8).

No entanto, este tipo de problema pode ser superado com discussões em grupo sobre o processo criativo, ao demonstrar que existem diversos tipos de expressões artísticas, que não devem ser reduzidas simplesmente à técnica realista.

O uso de atividades lúdicas, como desenhos, pode atuar como um agente que possibilita a aprendizagem, por meio da organização do pensamento, através do papel desempenhado por eles. Ao fazer traços a fim de representar algo, este desenho pode passar de um mediador concreto para um signo, à medida que o objeto em questão é memorizado e associado a um significado, ou seja, o indivíduo internaliza aquele signo em si.

Partindo dessa ideia, podemos enxergar as possíveis oportunidades de se trabalhar atividades lúdicas em sala de aula, mas assim como qualquer outra atividade, baseada na teoria histórico-cultural, deve-se buscar primeiramente entender o meio em que os indivíduos estão inseridos, trabalhar questões limitantes para o desenvolvimento das atividades (como as questões associadas ao desinteresse por desenhos, por exemplo) e partir de então delimitar as estratégias que serão utilizadas para o propósito desejado.

7. METODOLOGIA

A proposta inicial deste trabalho era propor uma SD que contemplasse a discussão do conceito de campo elétrico e, em seguida, aplicá-la em sala de aula no decorrer da disciplina de Física para estudantes do 3º ano do EM.

No entanto, devido a pandemia da Covid-19, isso não foi possível, pois para realizar as atividades previamente pensadas, seria necessário a formação de grupos, compartilhamento de materiais e equipamentos, o que na situação atual seria inviável, tendo por base os protocolos sanitários vigentes.

Optou-se então pela apresentação da SD e pela elaboração de um fanzine como material complementar. Desse modo, o trabalho em questão pode ser caracterizado como uma pesquisa qualitativa.

7.1. A IMPORTÂNCIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O uso de qualquer método de ensino demanda um apoio didático que organiza cada etapa do processo. No caso, ao buscarmos trabalhar com o estudo de campo elétrico baseado em fanzines foi necessário estabelecer um “como”, “quando” e “por quê?”, de maneira que cada escolha refletisse nos objetivos a serem alcançados. Para isso, escolhemos o uso de uma sequência didática para estruturar os conteúdos.

As sequências didáticas organizam o que é chamado de unidades didáticas, que são atividades menores que as compõem. Ao ser dividida em unidades menores, o docente consegue estabelecer os passos e caminhos necessários para alcançar os objetivos esperados quanto à aprendizagem dos alunos, ligando diretamente as habilidades e competências a serem adquiridas (ZABALA, 1998).

É importante destacar que as sequências didáticas não são modelos prontos de como ensinar, mas sim, um conjunto de estratégias que facilitam o processo de ensino. Flexíveis, elas se ajustam a diversos métodos, desde os modelos tradicionais na qual o professor transmite o conhecimento até os mais abertos, em que o aluno é o protagonista da aula.

De acordo com Zabala (1998), existem algumas perguntas que o professor deve fazer a si mesmo no processo de elaboração das atividades da SD para verificar a sua potencialidade:

- a) é possível descobrir os conhecimentos prévios dos alunos?
- b) os significados são funcionais?
- c) tem como descobrir o nível de desenvolvimento dos alunos?
- d) permite criar zonas de desenvolvimento proximal?
- e) promove o conflito cognitivo?
- f) promove motivação aos alunos?
- g) promove a sensação de conhecimento adquirido?
- h) promove a autonomia do aluno?

Não necessariamente todas as atividades devem responder a essas perguntas. No entanto, é preciso ter em mente que a SD que conseguir abordar a maior quantidade de perguntas terá mais compromisso em estabelecer um ensino mais completo, que forneça ao estudante as condições necessárias para tornar-se crítico e reflexivo no processo.

Além dos pontos levantados, o autor também coloca em evidência os métodos que devem ser adotados a partir da tipologia dos conteúdos a serem trabalhados. Dependendo do assunto e da habilidade que o professor queira desenvolver no discente, é interessante certos enfoques. Por exemplo, em uma atividade em que ele deseja que seus alunos desenvolvam

habilidades procedimentais é importante que os conceitos e a prática sejam bem executados, a fim de que ele compreenda significados, procedimentos, desde o mais simples até o mais complexo, desenvolva autonomia etc.

Em nosso caso, como há a necessidade de desenvolver bem o conceito de campo na área da física, percebe-se a relevância do uso de sequências de conteúdos conceituais por se tratar de um tema cuja definição dos conceitos são abstratos. Com isso, é preciso destacar os significados relacionados a cada assunto para que faça sentido ao estudante

7.2. ESTRUTURA DO FANZINE

Para que o fanzine cumpra seu papel na SD proposta, faz-se necessário estruturá-lo de maneira que promova a autonomia e a criticidade ao mesmo tempo que atraia a atenção do aluno, tanto por fatores estéticos, quanto pelo próprio conteúdo. Com isso, torna-se claro que o fanzine não será uma transcrição de um livro didático para um novo formato, mas sim uma proposta alternativa com abordagens diferentes que sejam funcionais.

De acordo com o estudo de Perdigão e Ipolito (2021) sobre a abordagem da eletrostática em livros didáticos brasileiros nos últimos cem anos, foi possível constatar que ao longo da história os assuntos sofreram modificações por fatores externos, como política, alteração da legislação, reformas etc. Apesar disso, os autores apresentam que nos últimos anos, principalmente a partir de 2009, após a mudança no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), os conteúdos voltaram a ser mais matematizados. Com isso, a contextualização ficou restrita a quadros suplementares.

Outro ponto interessante refere-se ao objetivo do livro didático em estimular o estudante. Para Perdigão e Ipolito (2021), esta função está cada vez mais escassa, já que estes materiais não trazem elementos que possibilitam o questionamento e o pensamento crítico acerca dos conteúdos. Pelo contrário, os conteúdos estão cada vez mais enxutos e os poucos que apresentam alguma inovação quanto aos esquemas e representações visuais, são colocados de forma avulsa sem o devido aprofundamento no assunto.

A partir deste estudo, fica evidente que a ideia dos fanzines, neste trabalho, surgiu como uma possibilidade de abordar os assuntos envolvendo campo elétrico de forma que haja estímulo para o conhecimento com o compromisso histórico e todo o processo que o envolve.

Pensando nisso, os temas escolhidos para a composição do fanzine foram:

Capítulo 1: O Âmbar

Capítulo 2: Novas Descobertas De Willian Gilbert

- Capítulo 3: As Contribuições de Stephen Gray
- Capítulo 4: Os Experimentos de Charlie Du Fay
- Capítulo 5: Fogo Elétrico de Benjamin Franklin
- Capítulo 6: Alguns Esclarecimentos
- Capítulo 7: Processos de Eletrização
- Capítulo 8: Coulomb
- Capítulo 9: Campo Elétrico
- Capítulo 10: Potencial Elétrico
- Capítulo 11: Trabalho no Campo Elétrico

Após a escolha dos temas, foi elaborado um roteiro com os principais assuntos que deveriam compô-los: data, contexto histórico, figuras de destaque, experimentos realizados, resultados obtidos, exemplos concretos, analogias e aplicação no contexto atual.

Finalizada esta etapa, iniciou-se a composição do processo criativo na elaboração dos desenhos para ilustrar o fanzine. Tendo em mente que o objetivo principal é ilustrar de maneira que facilite o ensino, foi preciso analisar a função do desenho no lugar onde está inserido.

Primeiramente, foi pensado no estilo de desenho, layout, tema principal para deixar o fanzine esteticamente agradável. Todos os desenhos foram feitos manualmente e tratados digitalmente através do programa de edição Corel Draw.

É importante ressaltar que o fanzine elaborado neste trabalho foi utilizado como material didático complementar e como modelo para as atividades avaliativas da sequência didática. A partir dele, os alunos poderão produzir seus próprios fanzines, utilizando os recursos disponíveis de suas preferências, como recorte e colagem, desenho e pintura, programas de edição etc.

8. PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Tendo em vista que a teoria de aprendizagem de Vigotski é baseada na interação humana e na mediação do professor para que o aluno se desenvolva, foi elaborada uma sequência didática para que estes objetivos fossem atingidos. Esta SD foi dividida em 04 unidades didáticas que possibilitam a compreensão do conceito de campo elétrico a partir das transformações históricas envolvendo a eletricidade. Para um melhor aproveitamento do conteúdo, estas unidades foram divididas em 15 aulas e tem como público alvo alunos do terceiro ano do ensino médio.

É importante destacar, que embora o conceito de campo elétrico seja o principal alvo

deste trabalho, ele não será tratado com exclusividade, tendo em vista que o sentido de estudá-lo advém dos questionamentos e mistérios acerca dos fenômenos elétricos evidenciados ao longo da história. Sendo assim, haverá uma apresentação histórica das principais contribuições para a área de elétrica até chegarmos nos estudos dos campos.

Os temas escolhidos para a composição do fanzine foram organizados em aulas distribuídas em 4 unidades, de acordo com a Tabela 2. Os Planos de Aula que compõem as unidades são apresentados no ANEXO A.

DIVISÃO DAS UNIDADES DIDÁTICAS		
Unidade	Aula	Carga Horária
1. Introdução ao contexto histórico	1. Introdução a História da Eletricidade	2
2. Contextos históricos com enfoque na experimentação	2. História da Eletricidade com Enfoque Experimental	2
	3. Fogo Elétrico de Benjamin Franklin	1
	4. Alguns Esclarecimentos Quanto aos Átomos e as Cargas	2
3. Aplicação matemática para a compreensão dos conceitos físicos	5. Processos de Eletrização e Coulomb	2
	6. Campos Elétricos	3
	7. Potencial e Trabalho no Campo Elétrico	1
4. Realização do próprio fanzine	8. Instruções e Início da confecção do fanzine	2
	TOTAL	15

Quadro 1. Organização das atividades da sequência didática.

8.1. UNIDADE 1: INTRODUÇÃO DO CONTEXTO HISTÓRICO

Neste primeiro momento é interessante que o professor converse com seus alunos a fim de descobrir como eles enxergam a construção do conhecimento científico. Para isso, o professor deve levantar situações problema, com o intuito de fazer os alunos refletirem sobre o tema. De acordo com Zabala (1998) é preciso instigar o aluno a pensar sobre suas hipóteses e opiniões antes de iniciar uma investigação, tendo em vista que, como seres dotados de experiências, possuem conhecimentos prévios sobre o mundo que o cerca.

É preciso realizar atividades que promovam o debate sobre suas opiniões, que permitam formular questões e atualizar o conhecimento prévio, necessário para

relacionar uns conteúdos com outros. Quer dizer, apresentar os conteúdos relacionados com o que já sabem, com seu mundo experiencial, estabelecendo, ao mesmo tempo, certas propostas de atuação que favoreçam a observação do processo que os alunos seguem para poder assegurar que seu nível de envolvimento é o adequado. Sem este ponto de partida, dificilmente será possível determinar os passos seguintes. (ZABALA, 1998, p.95)

Para este fim, o professor deve conduzir a aula com perguntas geradoras. Estas perguntas têm justamente o objetivo de instigar os alunos para o início das investigações. A partir das respostas obtidas, o professor questiona quanto aos conhecimentos prévios sobre eletricidade. Ex.: "Quem descobriu a eletricidade?", "Quando eu falo sobre o assunto, vocês relacionam com alguma pessoa? (cientista)". Com estas perguntas, o professor saberá o que os alunos entendem do assunto.

Feita essa primeira introdução, os alunos serão orientados a formarem grupos de até 3 pessoas para iniciarem a discussão dos pontos considerados relevantes do primeiro e do segundo capítulo do fanzine (Ver ANEXO B). Após a leitura dos primeiros capítulos, será feita uma discussão dos acontecimentos descritos nesta etapa, bem como o esclarecimento de dúvidas e questões complementares levantadas pelos próprios alunos.

Ao final da unidade, as questões levantadas no início serão retomadas e os estudantes poderão refletir sobre o processo de construção da ciência ao longo da história, bem como refletir sobre os assuntos estudados.

8.2. UNIDADE 2: CONTEXTOS HISTÓRICOS COM ENFOQUE NA EXPERIMENTAÇÃO

Nesta unidade, ainda serão trabalhados os contextos históricos envolvendo a eletricidade, no entanto, devido ao enfoque experimental da época, será possível trabalhar a importância da experimentação para a construção do conhecimento científico através dos experimentos de Stephen Gray, Charles Du Fay e as contribuições de Benjamin Franklin.

Para introduzir o assunto, serão feitas algumas perguntas como "Vocês consideram a experimentação um ponto importante para a ciência?" "Se sim, o conhecimento a partir das experimentações podem sofrer modificações?". Com essas perguntas o professor poderá interpretar a maneira que os alunos enxergam a experimentação na ciência.

Logo após, os alunos serão orientados a analisarem e anotarem as informações consideradas relevantes dos capítulos 3, 4 e 5 do fanzine. Feito isso, os assuntos abordados nestes capítulos serão discutidos em sala, dentre eles o professor deve analisar de que maneira

os alunos estão lidando com as representações visuais (desenhos). Os alunos conseguem compreender melhor os esquemas experimentais com eles? Facilitam, dificultam ou são indiferentes?

É importante ressaltar que, os desenhos foram inseridos de modo que reforce o texto e facilite a compreensão do aluno. Como aponta Zabala (1998), no ensino de conteúdos factuais a repetição torna-se um instrumento relevante para que o aluno internalize aquele conhecimento. No entanto, devido às particularidades de cada indivíduo é importante diversificar as atividades de modo que a unidade englobe o maior número de alunos.

Ao final de unidade, será feito um resumo em grupo com os pontos mais importantes das aulas de acordo com as anotações dos alunos.

8.3. UNIDADE 3: APLICAÇÃO MATEMÁTICA PARA A COMPREENSÃO DOS CONCEITOS FÍSICOS

Após estudar os fenômenos históricos e os experimentos realizados é interessante que o aluno entenda a física através dos instrumentos matemáticos, como as equações e as fórmulas. Como é um assunto um tanto quanto delicado, devido a um possível preconceito por parte dos alunos, tanto pela dificuldade na compreensão, quanto pela falta de afinidade com a matemática, é preciso abordar o assunto de forma que o aluno sinta-se seguro em fazê-lo. Zabala (1998) descreve que é preciso criar um ambiente favorável à aprendizagem de modo que ele sinta que seu esforço fez sentido e valeu a pena. Nesta etapa, os desenhos atuarão como “tradutores” das fórmulas físicas, pois buscarão dar sentido à abstração matemática.

De forma semelhante às outras unidades, os alunos estarão em grupos e continuarão a destacar os pontos relevantes dos próximos capítulos (6 a 11). Sendo assim, o professor irá questionar os alunos quanto à conceitualização da física e a aplicação da matemática. Ex.: “Qual é o nível de compreensão dos conceitos físicos? (Bom, razoável ou ruim)”. “Quais são as maiores dificuldades? (Abstração, cálculos, relacionar teoria e prática etc).”

A partir da leitura e discussão dos capítulos, serão abordados os assuntos relacionados aos processos de eletrização, força elétrica, campo elétricos e suas características.

Ao final da unidade, será sugerido que os alunos exponham suas dificuldades em uma folha de papel e entreguem ao professor. Deste modo, será possível verificar o nível de desenvolvimento do aluno e elaborar estratégias individualizadas para que ele consiga realizar as atividades futuras de maneira independente (ZABALA, 1998).

8.4. UNIDADE 4: REALIZAÇÃO DO PRÓPRIO FANZINE

Nesta última unidade, os alunos serão convidados a se dividirem em pequenos grupos e elaborarem seus próprios fanzines. Usando a criatividade, eles ficarão encarregados de elaborar um pequeno capítulo de um fanzine ilustrado, que relacione um conteúdo apresentado nesta sequência didática com assuntos de sua preferência, seja uma aplicação real, história, revisão conceitual etc. A escolha quanto aos materiais, fica a seu critério.

Ao pedir para que ele relacione estes dois assuntos para compor um fanzine autoral, é explorada sua autonomia, um dos pilares que compõem uma sequência didática para Zabala (1998).

Impulsionar esta autonomia significa tê-la presente em todas e cada uma das propostas educativas, para serem capazes de utilizar sem ajuda os conhecimentos adquiridos em situações diferentes da que foram aprendidos. Para poder alcançar esta autonomia será necessário que ao longo de todas as unidades didáticas os professores e os alunos assumam responsabilidades distintas, exercendo um controle diferente conforme os conteúdos tratados, com o objetivo de que no final os alunos possam aplicar e utilizar de maneira autônoma os conhecimentos que adquiriram. (ZABALA, 1998, p.102)

Após a confecção do fanzine, os alunos deverão fazer uma breve apresentação oral para expor suas ideias, conceitos, ilustrações etc.

9. PROCESSO DE AVALIAÇÃO

9.1. AVALIAÇÕES PARCIAIS

A avaliação é uma etapa essencial da sequência didática. Geralmente, este instrumento é inserido nas SD's como forma de controle do professor, para verificar o que os alunos aprenderam com as aulas. Contudo, Zabala (1998) afirma que esta estratégia é pouco eficaz, uma vez que dificulta a internalização dos conceitos, pela falta de reflexão e aplicação no cotidiano do estudante.

Nesse sentido, propõem-se que a avaliação seja definida de maneira aberta, ou seja, favorecendo tanto o aluno quanto ao professor. Ao aluno, quando possibilita a autoavaliação e reflexão sobre o que foi aprendido e ao professor, quando permite analisar sobre sua prática, para definir os próximos passos a serem desenvolvidos.

Ao longo das unidades apresentadas, foram propostas algumas atividades que permitirão compreender as seguintes questões:

Questão 1: Os desenhos realmente ajudaram na compreensão do conteúdo? Em caso afirmativo, o resultado foi satisfatório? Em caso negativo, qual foi o fator limitante?

Isso poderá ser evidenciado com a Atividade 1 prevista no Plano de Aula - 2.

PLANO DE AULA - 2
UNIDADE: 2
TEMA: HISTÓRIA DA ELETRICIDADE COM ENFOQUE EXPERIMENTAL
Duração: 2 horas
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apresentar o contexto histórico sobre o início do estudo da eletricidade através dos desenhos; - Compreender os procedimentos experimentais de Sthephen Gray através das ilustrações; - Compreender os procedimentos experimentais de Charlie Du Fay através das ilustrações;
<p>Metodologia:</p> <p>O professor iniciará a aula com perguntas geradoras:</p> <p>“Vocês consideram a experimentação um ponto importante para a ciência?”,”Se sim, o conhecimento a partir das experimentações podem sofrer modificações?”</p> <p>Os alunos formarão grupos de no máximo 3 pessoas; O Grupo deve ler/analisar/discutir os capítulos 3 e 4 do fanzine;</p> <p>O professor irá desenvolver os capítulos com a sala e esclarecer dúvidas.</p> <p>Será entregue a atividade 1. Esta atividade será individual e terá o objetivo de verificar se os desenhos atuaram como reforçadores do conteúdo.</p> <p>.</p>
<p>Atividade 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sem consultar novamente o fanzine, descreva um experimento destacado nos capítulos vistos na aula de hoje e indique quem o realizou. 2. Você conseguiu responder a questão 1? Se sim, o que te ajudou a lembrar? Se não, qual foi o maior empecilho? (dificuldade para entender, achou confuso, assunto desinteressante etc.) <p>Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.</p>

<p>Recursos Didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa
<p>Avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participação da aula; - Entrega da Atividade 1 (Feito/Não Feito)

Quadro 2: Plano de aula utilizado na sequência didática.

Ao propor que os alunos descrevam algum dos experimentos ilustrados no fanzine, pretende-se verificar se os desenhos facilitaram sua compreensão (o que foi feito? Como foi feito? Quais os resultados obtidos?).

Questão 2: A compreensão do conteúdo foi prejudicada ao omitir as ilustrações dos alunos?

Isso poderá ser verificado ao analisar as respostas obtidas na atividade 2.

Atividade 2 prevista no Plano de Aula – 3.

PLANO DE AULA - 3
UNIDADE: 2
TEMA: FOGO ELÉTRICO DE BENJAMIN FRANKLIN
Duração: 1 hora
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apresentar a ideia de Benjamin Franklin sobre o Fogo Elétrico; - Introduzir o conceito de conservação; - Comparar a compreensão dos alunos antes da entrega do fanzine.

<p>Metodologia:</p> <p>Nesta aula, os alunos formarão grupos apenas durante a atividade 2.</p> <p>O professor desenvolverá o assunto antes que os alunos tenham contato com o fanzine. Na explicação, não será feita a explicação com o exemplo lúdico, apenas com o exemplo concreto.</p> <p>Será entregue a atividade 2. Esta atividade será individual e terá o objetivo de verificar a compreensão dos alunos antes do contato com o fanzine.</p> <p>Após a atividade, os fanzines serão entregues e será feita a explicação do exemplo lúdico.</p>
<p>Atividade 2:</p> <p>1. Explique o que você compreende sobre conservação do Fogo Elétrico?</p> <p>Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.</p>
<p>Recursos Didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa
<p>Avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participação da aula; - Entrega da Atividade 2 (Feito/Não Feito)

Quadro 3: Plano de aula utilizado na sequência didática.

Com esta atividade pretende-se verificar se há alguma diferença no processo de formulação da resposta, sem o contato prévio com o fanzine/desenhos, tendo em vista que os alunos serão privados de seu contato nesse primeiro momento.

Questão 3: Os conteúdos são suficientes para promover a autonomia do aluno?

Isso poderá ser verificado ao analisar o processo de realização das Atividades 3 e 6 previstas nos Planos de Aulas 4 e 7.

<p>PLANO DE AULA - 4</p>
<p>UNIDADE: 2</p>

TEMA: ALGUNS ESCLARECIMENTOS QUANTO AOS ÁTOMOS E AS CARGAS.

Duração: 2 horas

Objetivos:

- Introduzir os principais modelos atômicos;
- Promover o pensamento crítico quanto às inconsistências físicas de cada modelo;
- Compreender a natureza das cargas elétricas.
- Identificar as diferenças entre materiais condutores e isolantes

Metodologia:

Nesta aula, os alunos só formarão grupos no momento dos exercícios.

O professor iniciará a aula com perguntas geradoras

“Do que as coisas são formadas?”

A partir das respostas dos alunos o professor deve instigar os alunos de modo que eles expressem a maneira como são os átomos. É esperado que haja diversas respostas, tanto respostas fazendo referências aos modelos atômicos, quanto aqueles que não saberão ou saberão pouco sobre o assunto.

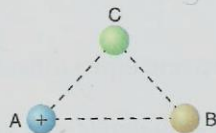
Os desenhos nesse caso, podem auxiliar os alunos a criarem uma ideia sobre cada modelo atômico.

O professor indica a realização de exercícios para levantar dúvidas e fixar o conteúdo.

Atividade 3

Nos vértices de um triângulo ABC estão colocadas três partículas eletrizadas. Sabemos que a partícula A tem carga elétrica positiva e que ela atrai a partícula B . Sabendo ainda que B atrai a partícula C :

- a) determine os sinais das cargas elétricas de B e de C ;
- b) responda se a partícula A repele ou atrai a partícula C .



Na eletrosfera de um átomo existem 44 elétrons. Sendo $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ o valor da carga elementar, podemos afirmar que a carga elétrica da eletrosfera e a carga elétrica do núcleo valem, respectivamente:

- a) $-70,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e zero
- b) $3,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e zero
- c) $-7,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e $+7,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- d) $-70,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e $+70,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- e) $-3,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e $+3,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Recursos Didáticos:

- Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada”
- Livro de física: Volume único

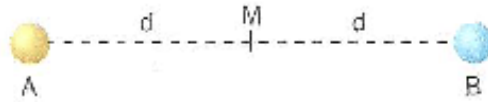
(SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sergio. Física: Volume único. 2ª edição. São Paulo: Teresa Christina W.P. de Mello Dias, 2005.)

<ul style="list-style-type: none"> - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa
<p>Avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participação da aula;

Quadro 4: Plano de aula utilizado na sequência didática.

PLANO DE AULA - 7
UNIDADE: 3
TEMA: POTENCIAL E TRABALHO NO CAMPO ELÉTRICO
Duração: 1 hora
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir o conceito de potencial elétrico; - Definir o trabalho de campo elétrico; - Aplicar os conceitos de potencial elétrico e trabalho em exercícios propostos.
<p>Metodologia:</p> <p>Nesta aula, formarão grupos apenas na hora da resolução de exercícios.</p> <p>Serão discutidos os capítulos 10 e 11 do fanzine.</p> <p>Logo após, algumas atividades serão propostas</p>
<p>Atividade 6:</p> <p>1. Leia e Responda</p> <p>Duas partículas eletrizadas com cargas elétricas $Q_1 = +4,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ e $Q_2 = -2,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ estão fixas nos extremos do segmento AB, cujo ponto médio é M. Usando $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ V} \cdot \text{m/C}$, determinemos:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) o potencial elétrico que cada uma delas gera no ponto M; b) o potencial elétrico resultante no ponto M. <div style="text-align: center;"> <p>Diagrama: Uma linha segmentada horizontal representa o segmento AB. O ponto A está à esquerda e o ponto B está à direita. O ponto M é o ponto médio de AB, indicado por uma linha tracejada vertical que se divide ao meio. Abaixo de A, M e B, há as letras A, M e B respectivamente. Abaixo de A, há a carga (Q1) e um círculo amarelo. Abaixo de B, há a carga (Q2) e um círculo azul. Abaixo de M, há o símbolo M. As distâncias de A para M e de M para B são ambas rotuladas como 2,0 cm.</p> </div> <p>2. Leia e Responda</p>

Determine o potencial elétrico resultante no ponto médio do segmento AB. Sabemos que em A a partícula tem carga elétrica $Q_1 = -2,0 \mu\text{C}$ e em B a partícula tem carga elétrica $Q_2 = +2,0 \mu\text{C}$.



3. Leia e Responda

Uma partícula de carga elétrica $q = +3,0 \text{ nC}$ foi levada de um ponto A para um outro ponto B de um campo elétrico. Sabe-se que os respectivos potenciais são: $V_A = +12 \text{ V}$ e $V_B = +2,0 \text{ V}$. Determine o trabalho da força elétrica.

4. Leia e Responda

Uma partícula de carga elétrica $q = -3,0 \text{ pC}$ foi levada de um ponto A para um ponto B de um campo elétrico. Sabendo-se que $V_A = -4,0 \text{ V}$ e que $V_B = +4,0 \text{ V}$, determine o trabalho da força elétrica.
Observação: $1 \text{ pC} = 1 \text{ picocoulomb} = 10^{-12} \text{ C}$.

Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.

Recursos Didáticos:

- Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada”
- Folha de sulfite
- Caneta/Lápis
- Giz/Lousa

Avaliação:

- Participação da aula;
- Entrega da Atividade 5 (Feito/Feito Parcialmente/Não Feito)

Quadro 5: Plano de aula utilizado na sequência didática.

Como são exercícios cujos conceitos estão previstos no fanzine, será verificado se os alunos conseguem relacionar a teoria com a prática.

Questão 4: Os alunos conseguem interpretar o sentido físico das fórmulas e aplicá-las corretamente?

Isso poderá ser verificado com a Atividade 4 prevista no Plano de Aula – 5.

PLANO DE AULA - 5
UNIDADE: 3
TEMA: PROCESSO DE ELETRIZAÇÃO E COULOMB
Duração: 2 horas
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> - Discutir os tipos de eletrização; - Compreender o processo para a elaboração da Lei do Coulomb. - Analisar o sentido físico da Lei de Coulomb através da analogia proposta.
Metodologia: <p>Nesta aula, os alunos não formarão grupos.</p> <p>O objetivo de se trabalhar individualmente, nesse primeiro momento, será justamente para que o professor perceba quais são as dificuldades individuais de cada aluno.</p> <p>Após a discussão dos capítulos 7 e 8 do fanzine, será proposto a realização da atividade 4</p>
Atividade 4: <ol style="list-style-type: none"> 1. Leia a questão abaixo e escreva como você resolveria o exercício. 2. Resolva o exercício 3. Suponha que as duas partículas eletrizadas são separadas por uma distância MAIOR que a configuração original. Sem fazer cálculos, descreva o que acontecerá com a força eletrostática. <p>Duas partículas eletrizadas estão fixadas a 3,0 mm uma da outra. Suas cargas elétricas são idênticas e iguais a 2,0 nC, positivas. Determine a intensidade da força eletrostática sabendo que o meio é o vácuo. A constante eletrostática é $K_0 = 9,0 \cdot 10^9$ unidades SI.</p> <p style="text-align: center;">Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.</p>
Recursos Didáticos: <ul style="list-style-type: none"> - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Livro de física: Volume único (SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sergio. Física: Volume único. 2ª edição. São Paulo: Teresa Christina W.P. de Mello Dias, 2005.) - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa

Avaliação:

- Participação da aula;
- Entrega da Atividade 3 (Feito/Não Feito)

Quadro 6: Plano de aula utilizado na sequência didática.

Ao solicitar que o aluno descreva, sem cálculos, como ele resolveria o exercício ou explique qual o resultado esperado, pode ser avaliado se ele compreende o significado físico da equação ou se domina apenas o ato de substituir valores sem criticidade dos resultados.

Questão 5: Os desenhos expressam claramente o significado físico dos conceitos vistos?

Isso poderá ser verificado com a Atividade 5 prevista no Plano de Aula - 6.

PLANO DE AULA - 6
UNIDADE: 3
TEMA: CAMPOS ELÉTRICOS
Duração: 3 horas
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> - Contextualizar o surgimento do conceito de campo; - Introduzir o conceito de campo elétrico relacionando com os experimentos passados; - Explorar a ideia de campo elétrico a partir das fórmulas matemáticas..
Metodologia: <p>Nesta aula, os alunos formarão grupos</p> <p>A aula será iniciada com perguntas geradoras “Como ocorre o processo de atração e repulsão de cargas?”.</p> <p>A partir deste questionamento será feita a introdução do capítulo 9 do fanzine relacionando o conceito de campo com o que já foi visto nos capítulos anteriores.</p> <p>Será proposta a atividade 6, na qual os alunos farão a relação entre a fórmula do módulo de um campo elétrico com o desenho que o representa.</p>

<p>Atividade 5:</p> <p>1. Analise e compare a fórmula do módulo do campo elétrico com a ilustração que representa o campo elétrico. Faz sentido? Justifique.</p> <p>Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.</p>
<p>Recursos Didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Livro de Física: Volume Único. (SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sergio. Física: Volume único. 2ª edição. São Paulo: Teresa Christina W.P. de Mello Dias, 2005.) - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa
<p>Avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participação da aula; - Entrega da Atividade 5 (Feito/Não Feito)

Quadro 7: Plano de aula utilizado na sequência didática.

Ao pedir para o estudante relacionar a ilustração com a equação do módulo do campo elétrico é possível verificar se os desenhos estão de acordo com a teoria, bem como constatar se estão claros o suficiente para os estudantes.

Através das propostas de avaliação para as atividades citadas, percebe-se que um caráter aberto, na qual busca verificar a compreensão do aluno com o intuito de encontrar zonas de desenvolvimento potencial, proximal e real. A identificação dessas zonas se dá através do acompanhamento do professor durante as atividades realizadas durante a sequência didática. E com isso, modificar as estratégias para que novos objetivos sejam alcançados.

9.2. AVALIAÇÃO FINAL

Com a finalização da atividade 5, será proposto aos alunos a realização de um capítulo de um fanzine sobre o tema estudado, campos elétricos, na qual ficarão livres para escolherem o assunto a ser abordado. Esta proposta está compreendida na atividade 7 prevista no Plano de Aula - 8.

UNIDADE: 4
TEMA: INSTRUÇÕES E INÍCIO DA CONFECCÃO DO FANZINE
Duração: 2 horas (1 hora orientação – 1 hora apresentação)
Objetivos: - Propor a elaboração de um fanzine; - Explorar a criatividade; - Verificar a assimilação do conteúdo com a prática.
Metodologia: Os alunos serão orientados a formarem pequenos grupos. Os grupos terão que planejar e elaborar um capítulo de um fanzine sobre campos elétricos, os assuntos podem ser: Revisão de conceitos, aplicação na natureza, técnicas de resolução de exercícios, história etc. A ideia da aula é de orientar os alunos no que for necessário para iniciar o fanzine para que seja possível finalizá-lo em casa, como tarefa. Após finalizado, o grupo terá cerca de 5 a 10 minutos para apresentar seu fanzine, e expor suas ideias. O fanzine do grupo deverá ser entregue ao professor.
Atividade 7: <ol style="list-style-type: none"> 1. Elabore um capítulo de um fanzine com o assunto “campo elétrico” de forma criativa. Obs.: Utilize os recursos que preferir (1ª aula) 2. Em uma apresentação de no máximo 4 minutos, mostre para a sala o que foi feito. (2ª aula) <p>Esta atividade será avaliada de 0 a 10 conforme a criatividade, clareza, teoria.</p>
Recursos Didáticos: - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Materiais artísticos diversos (Folhas coloridas, régua, tesoura, cola etc.) - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa

Avaliação:

- Participação da aula;
- Atividade 6

Quadro 8: Plano de aula utilizado na sequência didática.

Esta escolha não foi por acaso, conforme afirma Zabala (1998) a avaliação de conteúdos conceituais é algo complexo, mas a melhor forma de fazê-la é através de trabalhos que explorem a aplicação dos conceitos e do diálogo.

As atividades que podem garantir um melhor conhecimento do que cada aluno compreende implicam a observação do uso de cada um dos conceitos em diversas situações e nos casos em que o menino ou a menina os utilizam em suas explicações espontâneas. Assim, pois, a observação do uso dos conceitos em trabalhos de equipe, debates, exposições e sobretudo diálogos será a melhor fonte de informação do verdadeiro domínio do termo e o meio mais adequado para poder oferecer a ajuda de que cada aluno precisa. (ZABALA, 1998, p.205)

Portanto, através das apresentações a formulação dos conceitos e suas aplicações serão fundamentais para avaliar o trabalho realizado.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, torna-se evidente que a área de ensino de física possui grandes desafios, seja para trabalhar conceitos abstratos ou para resolver problemas através de cálculos matemáticos. No entanto, é possível encontrar alternativas nas metodologias de ensino com o intuito de minimizar impactos negativos sobre os alunos.

Como uma alternativa metodológica, foi elaborado essa sequência didática. Pautada no uso de desenhos, organizados em um fanzine, como agentes facilitadores no processo de ensino. Apesar da pandemia da Covid-19 ter impossibilitado a pesquisa em campo, pode-se perceber a potencialidade do tema, bem como sua aplicabilidade no ensino, através das discussões teóricas feitas até então.

A questão dos desenhos pela ótica da teoria de aprendizagem de Vigotski, é uma alternativa lúdica, que abre caminhos para a criação de zonas de desenvolvimento proximal, essenciais para promover a autonomia do estudante.

Apesar da pertinência do material e da proposta didática apresentada, é preciso ter em mente que uma boa estratégia de ensino/aprendizagem não funciona de maneira isolada. Cada caso deve ser analisado e implementado com outros recursos didáticos, afinal, cada aluno é

preenchido por vivências e experiências, que precisam ser validadas durante o planejamento das atividades.

REFERÊNCIAS

- CAMILLO, Cíntia Moralles. METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: FANZINES COM O USO DO SOFTWARE GIMP. **Anais do Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online**, [S.l.], v. 7, n. 1, mar. 2019. ISSN 2317-0239. Disponível em: <http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/anais_linguagem_tecnologia/article/view/15006>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- CAMPOS, Fernanda Ricardo. abraFANZINE: da publicação independente à sala de aula. **Txt: Leituras Transdisciplinares de Telas e Textos**, [S.l.], v. 5, n. 10, p. 65-77, fev. 2016. ISSN 1809-8150. Disponível em: <<http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/txt/article/view/10053>>. Acesso em: 17 ago. 2020.
- CARVALHO, Fernanda da Rocha. WATANABE, Giselle. MARTÍN, Fátima Rodrigues. Construção do conhecimento escolar científico na perspectiva da complexidade. **Enseñanza delas ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, Sevilla, p. 3237-3242. Set. 2017.
- CASTRO, Kedma Lima de; CASTRO, Jetur Lima de; OLIVEIRA, Alessandra Nunes de. A moda como objeto de informação: o caso do Movimento Feminista Punk Riot Grrrl. **Atoz: novas práticas em informação e conhecimento**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 24-33, set. 2015. ISSN 2237-826X. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/atoz/article/view/41762>>. Acesso em: 02 nov. 2020.
- FERNANDES, P. L. SCALCON, Suze. À procura da unidade psicopedagógica: articulando a psicologia histórico-cultural com a pedagogia histórico-crítica. Campinas, SP. Autores Associados, 2002. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, SP, v. 10, n. 39, p. 366–369, 2012. DOI: 10.20396/rho.v10i39.8639740. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639740>>. Acesso em: 06 out. 2020.
- FERRONATO, C. Vigotski e o Desenho: **contribuições da perspectiva sócio-histórica acerca da construção social do desenho infantil**. Mestranda em Educação da Universidade Tuiuti do Paraná. 2016.
- MAGALHÃES, Henrique. **O que é Fanzine?** 1. ed. São Paulo: editora Brasiliense, 1993.
- PERDIGÃO, Daniel. IPOLITO, Michelle Zampieri. Estudo da abordagem da eletrostática em livros didáticos brasileiros de física dos últimos cem anos. **Kiri-Kerê - Pesquisa em Ensino**. Brasília, n.11, p. 10 – 37, Dezembro, 2021.
- PINTO, Renato Donisete. **Fanzine na educação**. 2.ed. Paraíba: Marca de Fantasia: 2020
- PRESTES, Zoia Ribeiro. **Quando não é a mesma coisa: análise de traduções de Lev Semionovitch Vigotski no Brasil: repercussões no campo educacional**. 2010. 295 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- ROCHA, José Fernando Moura. O conceito de "campo" em sala de aula: uma abordagem histórico-conceitual. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 31, n. 1, p. 1604.1-

1604.17, Abr. 2009.

SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sergio. **Física: Volume único**. 2ª edição. São Paulo: Teresa Christina W.P. de Mello Dias, 2005.

SANTA, Fernando Dala. BARONI, Vivian. As raízes marxistas do pensamento de vigotski: contribuições teóricas para a psicologia histórico-cultural. **Kínesis**, Rio Grande do Sul, v.1, n. 12. p. 01-16, dez.2014.

SCHERER, A.S. **O lúdico e o desenvolvimento: a importância do brinquedo e da brincadeira segundo a teoria vigotskiana**. Monografia de Especialista na Pós-graduação em Educação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Medianeira, 2013.

SILVA, Marcos Correa da; KRAPAS, Sonia. Controvérsia ação a distância/ação mediada: abordagens didáticas para o ensino das interações físicas. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, 2007, vol.29, no.3, p.471-479. ISSN 1806-1117.

VIGOTSKI, L.S. **A formação social da mente**. 7ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WATANABE, Giselle. KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. Contribuições das produções sobre a complexidade: aportes para a educação científica escolar. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 428-454, ago. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n2p428/43901>>. Acesso em: 01 nov. 2020

ZABALA, A. **A prática educativa – como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998

ANEXO A: PLANOS DE AULA

PLANO DE AULA – 1

UNIDADE: 1
TEMA: INTRODUÇÃO A HISTÓRIA DA ELETRICIDADE
Duração: 2 horas
Objetivos: - Apresentar o contexto histórico sobre o início do estudo da eletricidade através dos desenhos; - Promover pensamento crítico quanto à construção do conhecimento científico;
Metodologia: O professor iniciará a aula com perguntas geradoras: “Como vocês acham que o conhecimento é formado? A ideia surge do nada ou acontece a partir de um conjunto de fatores?” “Quem descobriu a eletricidade?“, " Quando eu falo sobre o assunto, você relaciona com alguma pessoa? (cientista)" A partir dessas perguntas será feita a problematização do assunto com o intuito que os alunos questionem e opinem o processo como o conhecimento científico é divulgado Os alunos formarão grupos de no máximo 3 pessoas; O Grupo deve ler/analisar/discutir os capítulos 1 e 2 do fanzine; O professor irá desenvolver os capítulos com a sala e esclarecer dúvidas. Ao final da aula, serão elencadas as palavras-chaves dos assuntos estudados em colaboração dos alunos.
Recursos Didáticos: - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa
Avaliação: -Participação da aula;

PLANO DE AULA – 2

UNIDADE: 2
TEMA: HISTÓRIA DA ELETRICIDADE COM ENFOQUE EXPERIMENTAL
Duração: 2 horas
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apresentar o contexto histórico sobre o início do estudo da eletricidade através dos desenhos; - Compreender os procedimentos experimentais de Stephen Gray através das ilustrações; - Compreender os procedimentos experimentais de Charlie Du Fay através das ilustrações;
<p>Metodologia:</p> <p>O professor iniciará a aula com perguntas geradoras:</p> <p>“Vocês consideram a experimentação um ponto importante para a ciência?”,”Se sim, o conhecimento a partir das experimentações podem sofrer modificações?”</p> <p>Os alunos formarão grupos de no máximo 3 pessoas; O Grupo deve ler/analisar/discutir os capítulos 3 e 4 do fanzine;</p> <p>O professor irá desenvolver os capítulos com a sala e esclarecer dúvidas.</p> <p>Será entregue a atividade 1. Esta atividade será individual e terá o objetivo de verificar se os desenhos atuaram como reforçadores do conteúdo.</p>
<p>Atividade 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Sem consultar novamente o fanzine, descreva um experimento destacado nos capítulos vistos na aula de hoje e indique quem o realizou. 4. Você conseguiu responder a questão 1? Se sim, o que te ajudou a lembrar? Se não, qual foi o maior empecilho? (dificuldade para entender, achou confuso, assunto desinteressante etc.) <p>Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.</p>
<p>Recursos Didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa

Avaliação:

- Participação da aula;
- Entrega da Atividade 1 (Feito/Não Feito)

PLANO DE AULA – 3

UNIDADE: 2
TEMA: FOGO ELÉTRICO DE BENJAMIN FRANKLIN
Duração: 1 hora
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apresentar a ideia de Benjamin Franklin sobre o Fogo Elétrico; - Introduzir o conceito de conservação; - Comparar a compreensão dos alunos antes da entrega do fanzine.
<p>Metodologia:</p> <p>Nesta aula, os alunos formarão grupos apenas durante a atividade 2.</p> <p>O professor desenvolverá o assunto antes que os alunos tenham contato com o fanzine. Na explicação, não será feita a explicação com o exemplo lúdico, apenas com o exemplo concreto.</p> <p>Será entregue a atividade 2. Esta atividade será individual e terá o objetivo de verificar a compreensão dos alunos antes do contato com o fanzine.</p> <p>Após a atividade, os fanzines serão entregues e será feita a explicação do exemplo lúdico.</p>
<p>Atividade 2:</p> <p style="text-align: center;">2. Explique o que você compreende sobre conservação do Fogo Elétrico?</p> <p style="text-align: center;">Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.</p>
<p>Recursos Didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa
<p>Avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participação da aula; - Entrega da Atividade 2 (Feito/Não Feito)

PLANO DE AULA – 4

UNIDADE: 2
TEMA: ALGUNS ESCLARECIMENTOS QUANTO AOS ÁTOMOS E AS CARGAS.
Duração: 2 horas
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduzir os principais modelos atômicos; - Promover o pensamento crítico quanto às inconsistências físicas de cada modelo; - Compreender a natureza das cargas elétricas. - Identificar as diferenças entre materiais condutores e isolantes
<p>Metodologia:</p> <p>Nesta aula, os alunos só formarão grupos no momento dos exercícios.</p> <p>O professor iniciará a aula com perguntas geradoras</p> <p>“Do que as coisas são formadas?”</p> <p>A partir das respostas dos alunos o professor deve instigar os alunos de modo que eles expressem a maneira como são os átomos. É esperado que haja diversas respostas, tanto respostas fazendo referências aos modelos atômicos, quanto aqueles que não saberão ou saberão pouco sobre o assunto.</p> <p>Os desenhos nesse caso, podem auxiliar os alunos a criarem uma ideia sobre cada modelo atômico.</p> <p>O professor indica a realização de exercícios para levantar dúvidas e fixar o conteúdo.</p> <p>Atividade 3</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Nos vértices de um triângulo <i>ABC</i> estão colocadas três partículas eletrizadas. Sabemos que a partícula <i>A</i> tem carga elétrica positiva e que ela atrai a partícula <i>B</i>. Sabendo ainda que <i>B</i> atrai a partícula <i>C</i>:</p> <p>a) determine os sinais das cargas elétricas de <i>B</i> e de <i>C</i>;</p> <p>b) responda se a partícula <i>A</i> repele ou atrai a partícula <i>C</i>.</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Na eletrosfera de um átomo existem 44 elétrons. Sendo $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ o valor da carga elementar, podemos afirmar que a carga elétrica da eletrosfera e a carga elétrica do núcleo valem, respectivamente:</p> <p>a) $-70,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e zero</p> <p>b) $3,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e zero</p> <p>c) $-7,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e $+7,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$</p> <p>d) $-70,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e $+70,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$</p> <p>e) $-3,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e $+3,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>

Recursos Didáticos:

- Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada”
- - Livro de física: Volume único
(SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sergio. Física: Volume único. 2ª edição. São Paulo: Teresa Christina W.P. de Mello Dias, 2005.)
- Folha de sulfite
- Caneta/Lápis
- Giz/Lousa

Avaliação:

- Participação da aula;

PLANO DE AULA – 5

UNIDADE: 3
TEMA: PROCESSO DE ELETRIZAÇÃO E COULOMB
Duração: 2 horas
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Discutir os tipos de eletrização; - Compreender o processo para a elaboração da Lei do Coulomb. - Analisar o sentido físico da Lei de Coulomb através da analogia proposta.
<p>Metodologia:</p> <p>Nesta aula, os alunos não formarão grupos.</p> <p>O objetivo de se trabalhar individualmente, nesse primeiro momento, será justamente para que o professor perceba quais são as dificuldades individuais de cada aluno.</p> <p>Após a discussão dos capítulos 7 e 8 do fanzine, será proposto a realização da atividade 4</p>
<p>Atividade 4:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Leia a questão abaixo e escreva como você resolveria o exercício. 5. Resolva o exercício 6. Suponha que as duas partículas eletrizadas são separadas por uma distância MAIOR que a configuração original. Sem fazer cálculos, descreva o que acontecerá com a força eletrostática. <p>Duas partículas eletrizadas estão fixadas a 3,0 mm uma da outra. Suas cargas elétricas são idênticas e iguais a 2,0 nC, positivas. Determine a intensidade da força eletrostática sabendo que o meio é o vácuo. A constante eletrostática é $K_n = 9,0 \cdot 10^9$ unidades SI.</p> <p>Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.</p>
<p>Recursos Didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Livro de física: Volume único (SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sergio. Física: Volume único. 2ª edição. São Paulo: Teresa Christina W.P. de Mello Dias, 2005.) - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa

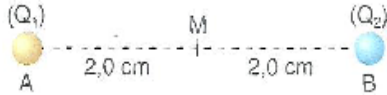
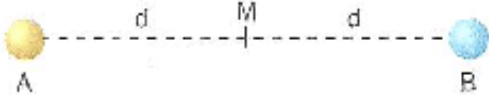
Avaliação:

- Participação da aula;
- Entrega da Atividade 3 (Feito/Não Feito)

PLANO DE AULA – AULA 6

UNIDADE: 3
TEMA: CAMPOS ELÉTRICOS
Duração: 3 horas
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contextualizar o surgimento do conceito de campo; - Introduzir o conceito de campo elétrico relacionando com os experimentos passados; - Explorar a ideia de campo elétrico a partir das fórmulas matemáticas..
<p>Metodologia:</p> <p>Nesta aula, os alunos formarão grupos</p> <p>A aula será iniciada com perguntas geradoras “Como ocorre o processo de atração e repulsão de cargas?”.</p> <p>A partir deste questionamento será feita a introdução do capítulo 9 do fanzine relacionando o conceito de campo com o que já foi visto nos capítulos anteriores.</p> <p>Será proposta a atividade 6, na qual os alunos farão a relação entre a fórmula do módulo de um campo elétrico com o desenho que o representa.</p>
<p>Atividade 5:</p> <p style="text-align: center;">2. Analise e compare a fórmula do módulo do campo elétrico com a ilustração que representa o campo elétrico. Faz sentido? Justifique.</p> <p style="text-align: center;">Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.</p>
<p>Recursos Didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Livro de Física: Volume Único. (SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sergio. Física: Volume único. 2ª edição. São Paulo: Teresa Christina W.P. de Mello Dias, 2005.) - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa
<p>Avaliação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participação da aula; - Entrega da Atividade 5 (Feito/Não Feito)

PLANO DE AULA – AULA 7

UNIDADE: 3
TEMA: POTENCIAL E TRABALHO NO CAMPO ELÉTRICO
Duração: 1 hora
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir o conceito de potencial elétrico; - Definir o trabalho de campo elétrico; - Aplicar os conceitos de potencial elétrico e trabalho em exercícios propostos.
<p>Metodologia:</p> <p>Nesta aula, formarão grupos apenas na hora da resolução de exercícios.</p> <p>Serão discutidos os capítulos 10 e 11 do fanzine.</p> <p>Logo após, algumas atividades serão propostas</p>
<p>Atividade 6:</p> <p>5. Leia e Responda</p> <p>Duas partículas eletrizadas com cargas elétricas $Q_1 = +4,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ e $Q_2 = -2,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ estão fixas nos extremos do segmento AB, cujo ponto médio é M. Usando $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ V} \cdot \text{m/C}$, determinemos:</p> <ol style="list-style-type: none"> a) o potencial elétrico que cada uma delas gera no ponto M; b) o potencial elétrico resultante no ponto M.  <p>6. Leia e Responda</p> <p>Determine o potencial elétrico resultante no ponto médio do segmento AB. Sabemos que em A a partícula tem carga elétrica $Q_1 = -2,0 \mu\text{C}$ e em B a partícula tem carga elétrica $Q_2 = +2,0 \mu\text{C}$.</p>  <p>7. Leia e Responda</p> <p>Uma partícula de carga elétrica $q = +3,0 \text{ nC}$ foi levada de um ponto A para um outro ponto B de um campo elétrico. Sabe-se que os respectivos potenciais são: $V_A = +12 \text{ V}$ e $V_B = +2,0 \text{ V}$. Determine o trabalho da força elétrica.</p>

8. Leia e Responda

Uma partícula de carga elétrica $q = -3,0 \text{ pC}$ foi levada de um ponto A para um ponto B de um campo elétrico. Sabendo-se que $V_A = -4,0 \text{ V}$ e que $V_B = +4,0 \text{ V}$, determine o trabalho da força elétrica.
Observação: $1 \text{ pC} = 1 \text{ picocoulomb} = 10^{-12} \text{ C}$.

Obs.: Fique tranquilo(a), esta atividade não valerá nota.

Recursos Didáticos:

- Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada”
- Folha de sulfite
- Caneta/Lápis
- Giz/Lousa

Avaliação:

- Participação da aula;
- Entrega da Atividade 5 (Feito/Feito Parcialmente/Não Feito)

PLANO DE AULA – AULA 8

UNIDADE: 4
TEMA: INSTRUÇÕES E INÍCIO DA CONFECCÃO DO FANZINE
Duração: 2 horas (1 hora orientação – 1 hora apresentação)
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Propor a elaboração de um fanzine; - Explorar a criatividade; - Verificar a assimilação do conteúdo com a prática.
<p>Metodologia:</p> <p>Os alunos serão orientados a formarem pequenos grupos.</p> <p>Os grupos terão que planejar e elaborar um capítulo de um fanzine sobre campos elétricos, os assuntos podem ser: Revisão de conceitos, aplicação na natureza, técnicas de resolução de exercícios, história etc.</p> <p>A ideia da aula é de orientar os alunos no que for necessário para iniciar o fanzine para que seja possível finalizá-lo em casa, como tarefa.</p> <p>Após finalizado, o grupo terá cerca de 5 a 10 minutos para apresentar seu fanzine, e expor suas ideias.</p> <p>O fanzine do grupo deverá ser entregue ao professor.</p>
<p>Atividade 7:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Elabore um capítulo de um fanzine com o assunto “campo elétrico” de forma criativa. <p>Obs.: Utilize os recursos que preferir (1ª aula)</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Em uma apresentação de no máximo 4 minutos, mostre para a sala o que foi feito! (2ª aula)
Esta atividade será avaliada de 0 a 10 conforme a criatividade, clareza, teoria.
<p>Recursos Didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fanzine Ilustrado “Campos elétricos: Uma abordagem ilustrada” - Materiais artísticos diversos (Folhas coloridas, régua, tesoura, cola etc.) - Folha de sulfite - Caneta/Lápis - Giz/Lousa

Avaliação:

- Participação da aula;
- Atividade 6

ANEXO B: FANZINE



Figura 1. Capa do fanzine. Elaboração própria.

UMA LUZ Na Física



**Campos Elétricos :
Uma Abordagem Ilustrada**

Já parou para pensar...

Como o conhecimento científico é formado?

De onde vem tantas ideias?

Será que elas surgem do nada?

Com este fanzine, espero que você

consiga compreender alguns

assuntos da física de maneira

lúdica e contextualizada.

Sumário

Capítulo 01: O Âmbar.....	03
Capítulo 02: Novas Descobertas de Willian Gilbert.....	07
Capítulo 03: As Contribuições de Stephen Gray.....	18
Capítulo 04: Os Experimentos de Charlie Du Fay.....	24
Capítulo 05: Fogo Elétrico de Benjamin Franklin	32
Alguns Esclarecimentos.....	38
Capítulo 07: Processos de Eletrização.....	53
Capítulo 08: Coulomb	67
Capítulo 09: Campo Elétrico.....	75
Capítulo 10: Potencial Elétrico	88
Capítulo 11: Trabalho de um Campo Elétrico	93
REFERÊNCIAS.....	96



Capítulo 01: O Âmbar

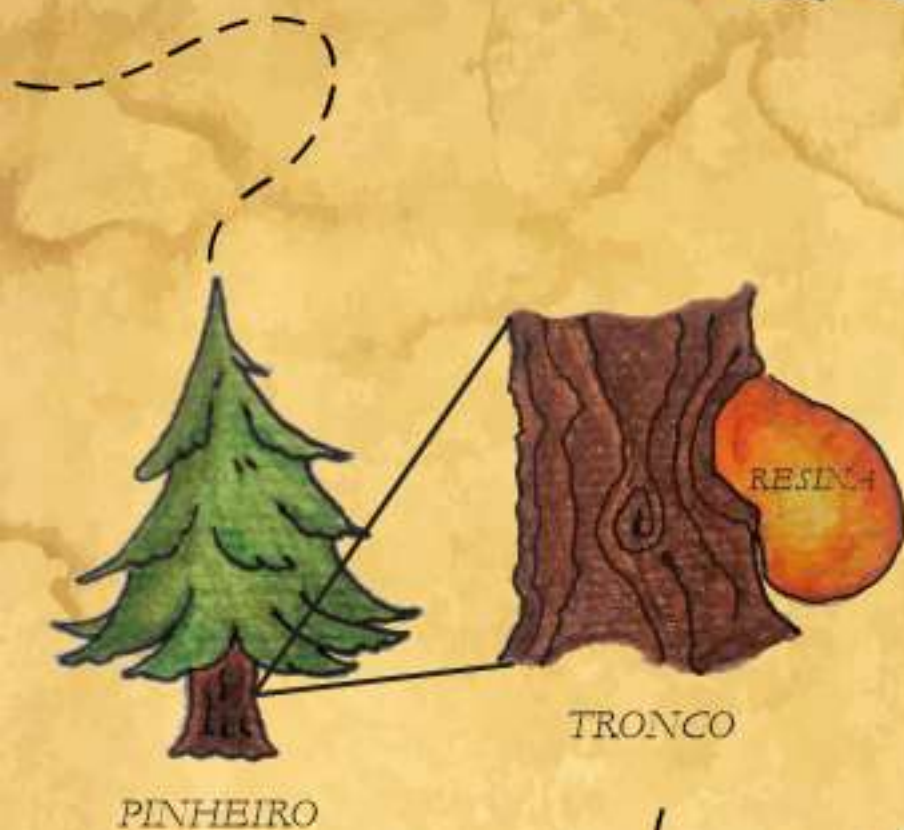
Antes de começarmos a falar sobre campos, é interessante conhecermos a história por trás da construção desse conhecimento.

Pode parecer um tanto quanto estranho no entanto, o início dos estudos sobre os fenômenos elétricos começaram com uma curiosidade relacionada ao âmbar.

Mas afinal, o que é âmbar?
Algumas árvores, como os pinheiros, possuem a capacidade de produzir um tipo de resina como resposta a uma lesão externa.

Apesar de existir resinas de várias cores, tipos e texturas, sua função é a mesma para todas: fechar e proteger o tronco da entrada de agentes invasores.





Quando essa resina fica soterrada por milhares de anos, passa por um processo de fossilização, que dá origem ao âmbar.

Não é incomum encontrarmos ele com algum organismo preservado em seu interior. Isso se deve ao fato da resina possuir um odor adocicado, que atrai insetos enquanto está mole.



Devido às suas características físicas tornou-se um produto de grande valor para os gregos. Com ele, faziam adornos, colares, amuletos etc.

A difusão desse produto permitiu a observação de um fenômeno que abriu caminho para o estudo da eletricidade.

A primeira evidência sobre isso ocorreu por volta de 600 a.C na Grécia Antiga pelo filósofo Tales de Mileto.



COLAR FEITO
COM AMBAR.

Tales de Mileto percebeu que ao atritar o âmbar em um pedaço de lã, ele passa a atrair pequenos objetos como penas e palhas.

“De onde veio a ideia de esfregar o âmbar na lã?”

Quando lembramos do contexto histórico e da relevância estética dessa resina fóssil para os gregos, o ato de esfregar poderia ser facilmente relacionado à limpeza ou até mesmo polimento.

Mas como não há nada claro na literatura, quanto sua motivação isso é apenas uma hipótese.

De qualquer modo, os pontos fundamentais para o início do estudo dos fenômenos elétricos foram: a observação e a curiosidade ao se deparar com algo novo.



Capítulo 02: Novas Descobertas de Willian Gilbert

Após a observação do fenômeno envolvendo o âmbar, não houve nenhuma contribuição significativa na área por muito tempo.

O assunto só voltou a ser discutido no início do período conhecido como Renascimento, movimento ocorrido na Europa caracterizado pelo aumento produtivo nas áreas artísticas, arquitetônicas, científicas, bem como a valorização do clássico e do homem.

Em decorrência disso, pode ser observado diversas transformações nas diferentes esferas sociais, culturais e econômicas.



ARTES



ARQUITETURA



CIÊNCIA

A navegação, por exemplo, passou por grandes avanços durante essa época, o que demandou estudos relacionados às artes mecânicas (utilizadas na construção de navios) e aos fenômenos magnéticos (utilizado na localização, através das bússolas).



A ciência, por sua vez, torna-se mais crítica quanto a seus métodos, assumindo um caráter mais experimental, sendo assim buscava novas formas de compreender e controlar a natureza.



Foi nesse contexto que Willian Gilbert, médico a serviço da Rainha Elisabeth I, iniciou seus estudos.

Gilbert estava insatisfeito com os resultados obtidos na antiguidade e com os trabalhos da época. Sem qualquer rigor, estudiosos passaram a adotar como verdade resultados obtidos por outros filósofos, sem nenhuma análise crítica.

Em resposta a isso, passou a realizar experimentos afim de comprovar e verificar novas descobertas no ramo da eletricidade e magnetismo no ano de 1600.



RAINHA ELISABETH I

Pelo que pode ser encontrado nos registros, Gilbert foi pioneiro ao usar o termo "eletricidade", que não existia até então.

A etimologia dessa palavra é interessante, ela surgiu a partir do âmbar! Isso porque âmbar em grego é **elektron**, como o fenômeno foi observado primeiramente nesta resina é possível dizer que foi uma bela escolha.



ÂMBAR = ELEKTRON

WILLIAN GILBERT



Como dito anteriormente, não havia estudos que propusessem investigar os fenômenos elétricos, em sua maioria apenas tratavam do que havia sido descoberto.

Gilbert, por sua vez, realizou experimentos com diversos materiais de modo que pudesse observar e listar elementos que possuíam propriedades semelhantes e diferentes do âmbar.

Para isso, criou um instrumento chamado de Versorium. Veja a seguir como ele funciona.



Entenda o Plano...

01

O que é o Versorium de Gilbert?
É uma haste ou agulha metálica que se move livremente na presença de objetos eletrizados.



VERSORIUM

02

O que Willian Gilbert fez?
Gilbert pegou vários objetos!



Entenda o Plano...

03

Após fricciona-los, Gilbert aproximava os objetos de seu Versorium.



VERSORIUM



TUBO DE VIDRO

04

Ele observou que alguns objetos faziam a haste do versorium se mover.



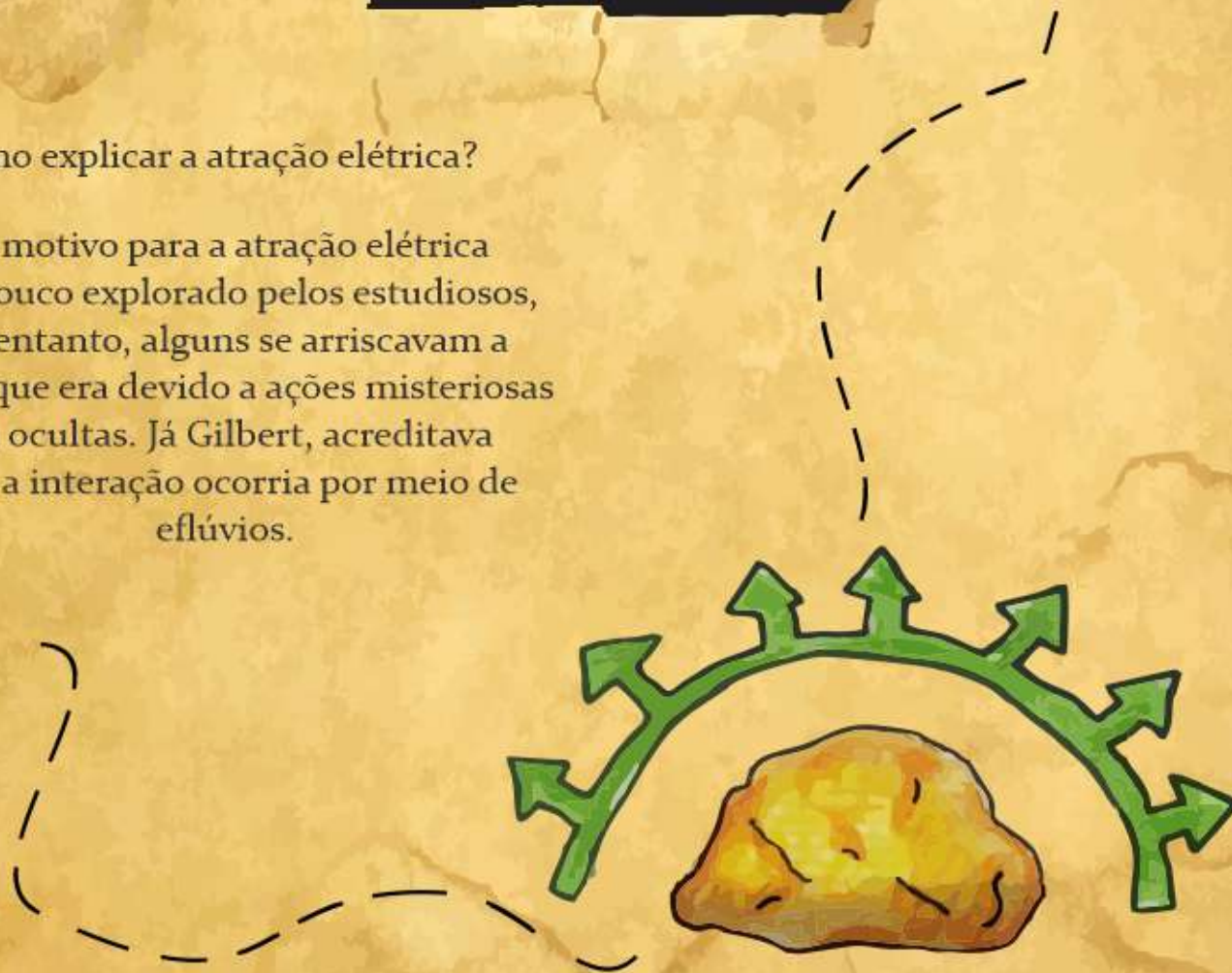
05

Os objetos que moviam a haste do Versorium, nomeou de elétricos e aqueles que não interferiam no equipamento chamou de não elétricos.



Como explicar a atração elétrica?

O motivo para a atração elétrica era pouco explorado pelos estudiosos, no entanto, alguns se arriscavam a dizer que era devido a ações misteriosas ou ocultas. Já Gilbert, acreditava que a interação ocorria por meio de eflúvios.



Entenda o Plano...

01



Pegue um
pedaço de âmbar



Atrite-o

03



Os eflúvios
serão emitidos.

02

Entenda o Plano...

04



Os eflúvios empurrarão
o ar adjacente.

05



O ar tende a voltar
a sua origem trazendo
consigo objetos leves,
como uma pena.

Hoje, sabemos que essa ideia não é o que de fato ocorre, no entanto, essas sugestões permitiram o desenvolvimento de hipóteses mais sólidas sobre o fenômeno.

Capítulo 03: As Contribuições de Stephen Gray

Após o avanço nos estudos da eletricidade, esta questão despertou a curiosidade em outros pesquisadores. Dentre eles, podemos citar Stephen Gray.

Fontes históricas alegam que ele nasceu no ano de 1666 numa cidade da Inglaterra chamada de Canterbury. Filho de tintureiro e com poucos privilégios econômicos, Gray possuía um interesse incomum pela ciência.

Acredita-se que sua motivação se deu pela leitura de artigos e estudos realizados na Royal Society, cedidos por funcionários da academia.



STEPHEN GRAY

Caracterizado por sua simplicidade experimental e criticidade em descrever fenômenos inéditos, Gray descobriu acidentalmente a comunicação da virtude atrativa (hoje, conhecida por indução).

Ao adquirir um tubo de vidro oco, pensou que seria interessante colocar rolhas em suas extremidades afim de evitar a entrada de poeira.



STEPHEN GRAY COM SEU
TUBO DE VIDRO OCO.

Entenda o Plano...

01



Stephen havia adquirido um tubo de vidro oco para realizar seus experimentos.

02



Para evitar a entrada de poeira pelas extremidades do tubo, Gray vedou com uma rolha em cada lado.

03



Ao atritar o vidro com sua mão, percebeu um fenômeno estranho...

04



...a rolha, mesmo sem ser atritada, atraía uma pena.

Devido às incertezas e a falta de conhecimento da época, levaram Gray a realizar diversos experimentos para compreender melhor o fenômeno.

Com isso, chegou à conclusão que era possível comunicar a virtude atrativa para aqueles que não possuíam tal propriedade.

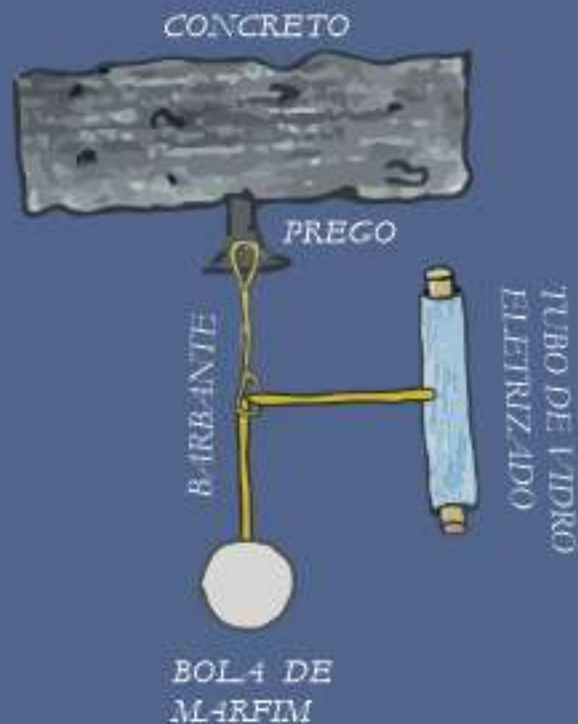


Preciso de uma
escada maior ou...
Linhas de
Comunicação!

Com o intuito de explorar sua descoberta, fez vários experimentos com materiais e configurações diferentes.

Ele queria investigar até que distância a virtude atrativa poderia ser comunicada, no entanto, devido às limitações espaciais utilizou linhas de comunicação.

Entenda o Plano...



Stephen Gray pendurou um barbante em um prego e conectou a outro barbante.

Neste último, colocou um tubo de vidro e uma bola de marfim da forma representada ao lado.

Apesar do tubo de vidro estar eletrizado, não foi verificada a comunicação atrativa entre o vidro e a bola de marfim.

Gray, então, supôs que a virtude atrativa subiu, ao invés de descer para a bola.

Foi então que em 1729 Wheeler, membro da Royal Society, sugeriu que o suporte das linhas de comunicação fosse trocado por fios de seda. De acordo com ele, poderia funcionar devido a pequena espessura do fio.

E assim fizeram e desta vez, deu certo! Mas nem tanto... Como os fios de seda eram muito finos e frágeis, se rompiam com facilidade.

Logo, pensaram em substituí-los por fios mais resistentes, como os de metal, com espessura ligeiramente maior

Agora, no entanto, não deu certo novamente. Foi então que perceberam que o efeito de comunicação atrativa não dependia da espessura do material, mas sim do próprio material.

Surgem, assim, as primeiras ideias do que conhecemos hoje, por condutores e isolantes.



BICHO DA SEDA

Capítulo 04: Os Experimentos de Charlie Du Fay

Nascido em Paris no ano de 1698 e filho de Charlie Jerome, oficial da Guarda Francesa, Charlie François de Cisternay Du Fay foi um importante nome para o ramo da eletricidade. Antes de suas descobertas, seguiu os passos de seu pai, ingressou na Guarda Francesa e por lá permaneceu até seus 25 anos.

Apoiado pela família, deixou a Guarda em 1723 e passou a participar da Academia Francesa de Química. Inspirado nos métodos dos estudiosos da época, como Stephen Gray, Du Fay realizou diversos experimentos e com eles foi possível obter novas conclusões.



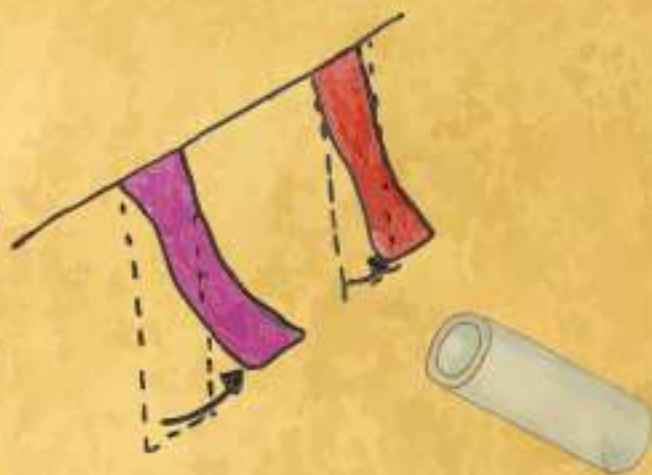
CHARLIE DU FAY

Dentre eles, podemos citar aquele envolvendo a eletricidade e as cores.

Gray havia concluído experimentalmente que as cores interferiam na atração elétrica,

Du Fay, por sua vez, chegou a resultados diferentes. A princípio, pegou nove fitas de cores diferentes, sendo uma branca, uma preta, uma amarela, uma vermelha, uma laranja, uma verde, uma azul, uma anil e outra violeta.

Colocando-as em ordem, penduradas em um tipo de varal, aproximou um tubo de vidro atritado previamente e observou que algumas fitas eram mais atraídas que outras.



*FITAS COLORIDAS SENDO
ATRAÍDAS PELO TUBO
DE VIDRO*

Entenda o Plano...

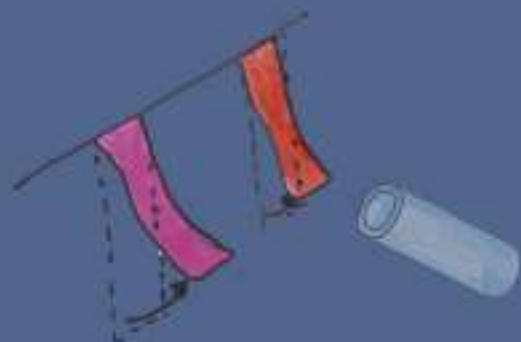
01

Du Fay pendurou em um varal fitas de diferentes cores.



02

Ao aproximar um tubo de vidro eletrizado nas fitas, percebeu que elas eram atraídas de formas diferentes.



Buscando novos métodos para testar a hipótese, Du Fay realizou três experimentos, agora com gazes tingidas (das mesmas cores das fitas), argolas de madeira e lâmina de ouro.

A configuração dos aparatos foi a seguinte:

Entenda o Plano...

- 01** Ele pendurou a lâmina de ouro na argola de madeira e sobrepôs, em seguida, as gazes. Ao aproximar o tubo de vidro novamente ele percebeu que as lâminas de ouro foram atraídas em todas as cores, exceto nas gazes: preta e branca. Ou seja, estas cores bloqueavam a atração elétrica.



ARGOLA DE
MADEIRA



LÂMINA DE
OURO



GAZE COBRINDO
A LÂMINA DE OURO

SERÁ QUE AS CORES INFLUENCIAM MESMO A ATRAÇÃO ELÉTRICA?

Entenda o Plano...

Foi a partir de então que Du Fay realizou os três experimentos:

01

O primeiro: Du Fay sabia que a umidade interferia na atração dos corpos, então era comum aquecer os objetos antes de seus experimentos. Com isso, aqueceu todas as gazes antes de aproximar o tubo de vidro e chegou à conclusão não havia diferença de atração entre as cores. **Todas as laminas de ouro eram atraídas igualmente.**



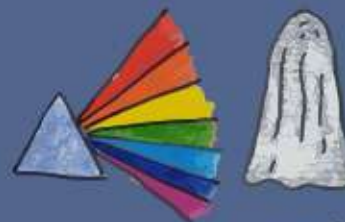
02

O Segundo: Du Fay umideceu todas as gazes, e percebeu que em todos os casos não havia atração.



03

Terceiro: Du Fay pegou gazes brancas e lançou sobre elas as cores produzidas por um prisma e constatou que não havia diferença.



Através desses experimentos Du Fay comprovou que as cores não influenciava na atração elétrica e que a diferença de atração entre uma cor e outra dava-se pela composição do corante. Este é um exemplo da maneira que ele trabalhava. Através de experimentos já existentes ele refazia, analisava, e obtinha novas conclusões.



Isso faz mais sentido...

Sua maior contribuição na área deve-se a observação de um fenômeno interessante da atração dos corpos. Du Fay percebeu uma particularidade em dois grupos de objetos.

O primeiro grupo era composto por Vidro, pelo de animais, pedras preciosas e o segundo era composto por âmbar, seda, linha, papel e outros.

Ele verificou que os objetos eletrizados do grupo 1 atraíam os objetos do grupo 2 e repeliam os objetos do próprio grupo.

De maneira análoga o grupo 2.

O grupo 1 ele chamou de eletricidade vítrea e o segundo de eletricidade resinosa.



Entenda o Plano...

Em resumo



Capítulo 05: Fogo Elétrico de Benjamin Franklin

Aproximadamente no ano de 1743 Benjamin Franklin entra em ação. Motivado pelas contribuições de filósofos naturais da época, passou a estudar os fenômenos elétricos. Suas pesquisas voltaram-se à explicar os fenômenos envolvendo a atração e repulsão dos corpos eletrizados.



BENJAMIN FRANKLIN

Com o auxílio de outros estudos, Franklin formulou sua explicação através do conceito de atmosfera elétrica. De acordo com ele, os corpos são formados por dois tipos de matéria: a matéria comum e a matéria elétrica, que ele chama de fogo elétrico. Sendo ele, responsável pela atração e repulsão entre os objetos.



● MATÉRIA COMUM

● MATÉRIA ELÉTRICA



Entenda o Plano...

Quando um não elétrico era friccionado em um elétrico,



havia a transferência do fogo elétrico de um para o outro.



O excesso desse “fluido” era acumulado em sua superfície formando uma atmosfera elétrica.

Para exemplificar essa ideia ele utilizou a analogia da esponja e a água.

Obs.: utilizamos esferas coloridas para representar o fogo elétrico para dar a noção de conservação.

Entenda o Plano...

No caso, a esponja atua como a matéria comum e a água seria o fogo elétrico



MATÉRIA COMUM

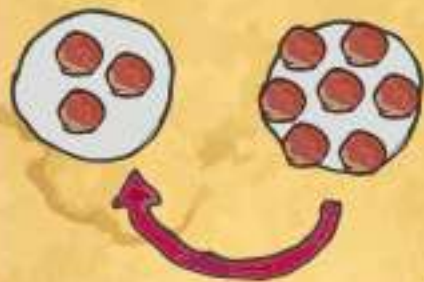


FOGO ELÉTRICO

Quando a esponja é mergulhada na água a retirada em seguida, ela consegue comportar uma certa quantidade de água. De maneira análoga a matéria comum e a elétrica.



Essa ideia de transferência do fluido elétrico sugere um conceito novo para a época: a conservação. Para ele não era possível criar fogo elétrico, mas sim transferi-lo de um corpo para outro. A partir desse pensamento que foi criado o “positivamente” e “negativamente” carregado.



Seria positivo se o corpo recebesse o fluido elétrico e negativo se o perdesse.

É importante lembrar que, por hora, estamos apenas observando a origem de alguns termos ao longo da história.

Atualmente, positivo e negativo são empregados de outra maneira, que vamos explicar mais à frente



Uma Analogia

O que significa o conceito de conservação?

Imagine dois amigos, João e Pedro.



JOÃO



PEDRO

Pedro tem 06 moedas, enquanto João não tem nada!



Pedro decide doar 2 moedas para João.



Perceba que ao final da doação, nenhuma moeda é criada ou perdida.

Começamos com 06 moedas e terminamos com 06 moedas.

Podemos dizer, então, que as moedas foram conservadas.

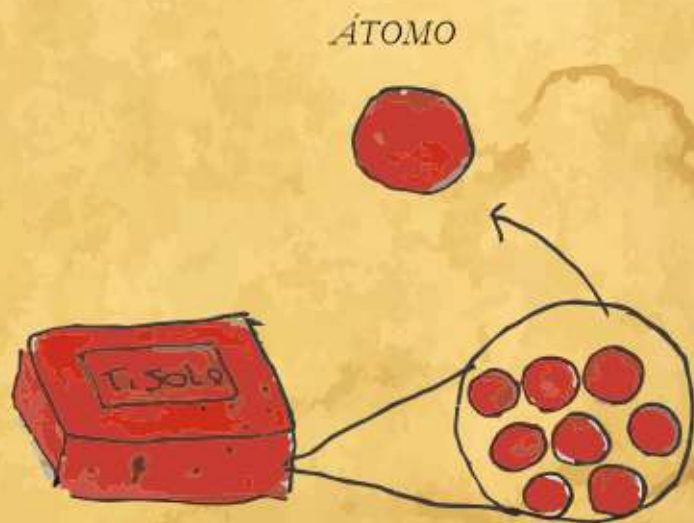
Alguns Esclarecimentos...

Como foi possível observar até agora, a ciência que conhecemos é o resultado de muitas ideias, experimentações, hipóteses, erros e acertos, mergulhada por influências sociais, econômicas e políticas. Um fato interessante sobre a construção dos estudos da eletricidade é que muitas coisas importantes só foram descobertas recentemente, como os elétrons, prótons e neutrons. Por essa razão, se seguirmos a linha do tempo da maneira como estamos fazendo, pode haver confusões na introdução de novos conceitos, sendo assim optamos por fazer um apanhado, com algumas informações importantes, para seguirmos a partir daqui.

Alguns Esclarecimentos...

O Átomo

A ideia de algo fundamental que compõe tudo o que conhecemos já era idealizado por filósofos gregos. Eles acreditavam na ideia de algo indivisível que formava a natureza como a conhecemos, como se fossem tijolos da matéria, nomeado por átomos, que significa indivisível. Com o passar do tempo, esta ideia acabou sendo esquecida e só voltou a ser discutida após a idade média, mais especificamente no Renascimento, que já comentamos antes. A partir dessa época, cientistas passaram a estudar e criar modelos que explicariam o que de fato são os átomos.



Alguns Esclarecimentos...

1803

Um exemplo disso foi o modelo de Dalton, que propunha a ideia de átomo como uma esfera maciça e indivisível, cuja ligação entre os elementos se dava por um fluido chamado calórico.

No entanto temos uma questão. Como a matéria poderia ter propriedades elétricas se não há nada no seu modelo que explique este fenômeno?



JOHN DALTON

ÁTOMO DE DALTON



Átomo é caracterizado por ser uma esfera maciça e indivisível;
O seu tamanho varia de elemento para elemento.

Alguns Esclarecimentos...

1898

ÁTOMO DE THONSOM



O átomo é caracterizado pela existência de elétrons (negativos) em um núcleo maciço (positivo)

Foi então que com os estudos de Thomsom e a descoberta do que hoje conhecemos como elétrons em 1897, deu origem a um novo modelo. Seu trabalho foi importante para a época já que buscou explicar matematicamente a estabilidade mecânica do átomo, através da ideia de cargas. Os elétrons, teriam cargas negativas e estariam distribuídos na forma de anéis concêntricos em um núcleo carregado positivamente.



J.J. THONSOM

Alguns Esclarecimentos...

1911

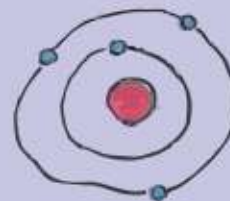
Esse, por sua vez, foi ultrapassado pelo modelo de Rutherford. Através de estudos experimentais Rutherford constatou que o átomo na verdade era composto por um pequeno núcleo denso e um grande espaço vazio, na qual o elétron orbitava.

O problema deste modelo foi em relação a sua instabilidade. Teoricamente, o elétron ao orbitar o núcleo deveria perder energia e “cair” no núcleo.



RUTHERFORD

ÁTOMO DE RUTHERFORD

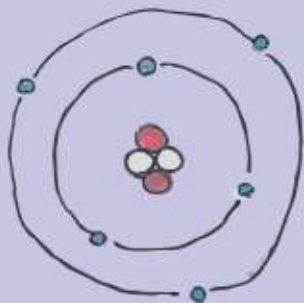


O átomo é caracterizado por possuir um pequeno núcleo denso rodeado por elétrons em uma região denominada eletrosfera.

Alguns Esclarecimentos...

1913

ÁTOMO DE BOHR



O átomo é caracterizado por possuir um pequeno núcleo formado por prótons e nêutrons. Os elétrons possuem orbitas bem definidas, que confere sua estabilidade.

Foi a partir dessas falhas que Bohr inicia seus estudos e propõe seu modelo atômico.

De acordo com ele, o elétron possui órbitas definidas por seu estado energético. Sendo assim, a emissão de energia só aconteceria em algumas situações e de forma quantizada, como previsto por Planck,



BOHR

Alguns Esclarecimentos...

1926

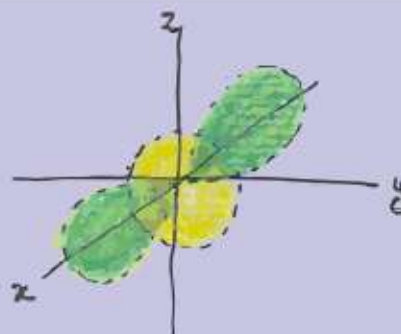
Atualmente o responsável pelo modelo atômico vigente é Erwin Schrödinger.

De acordo com ele, os elétrons são organizados por meio dos orbitais, de modo que não é possível determinar sua trajetória, mas sim o local, cuja probabilidade de encontrá-lo seja máxima.



SCHRÖDINGER

ÁTOMO DE SCHRÖDINGER



O átomo é caracterizado pela presença de orbital. Uma região ao redor do núcleo onde a probabilidade de encontrar um elétron é máxima.

Alguns Esclarecimentos...

Positivo e Negativo

Como vimos, a ideia de algo negativo e positivo já era usado desde Benjamin Franklin, porém, com a descoberta dos elétrons e com a definição de cargas o sentido desses termos mudou.

Por convenção, assumimos que a carga do elétron é negativa e a carga do próton é positiva e ambas possuem a mesma quantidade de eletricidade.

A carga elétrica é representada pela letra q



q



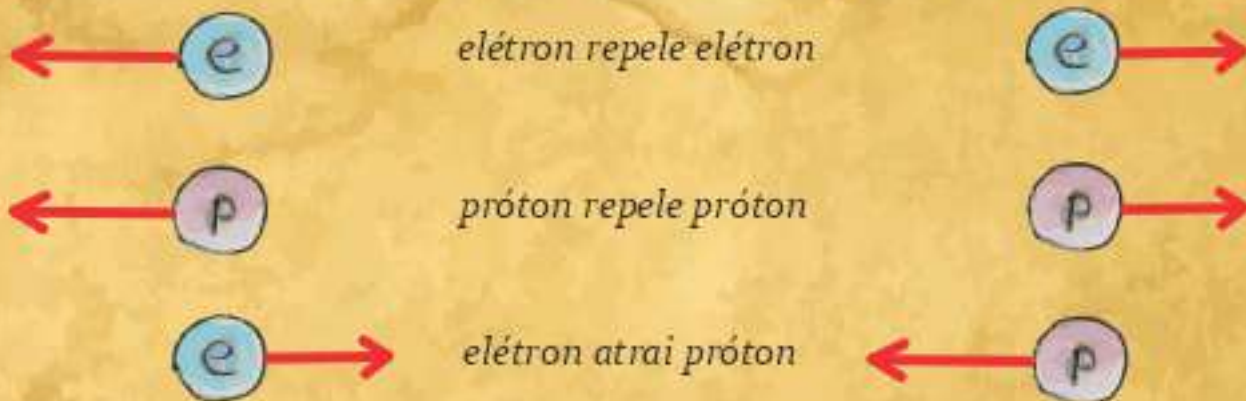
carga do elétron
NEGATIVA



carga do próton
POSITIVA

Alguns Esclarecimentos...

A atribuição de sinais diferentes para prótons e elétrons se deu ao comportamento de repulsão e atração entre essas partículas.



A quantidade de eletricidade, mencionada anteriormente, é dada em termos da carga elementar, expressa pelo símbolo e .

$$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Para os elétrons

$$q = -e = -1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

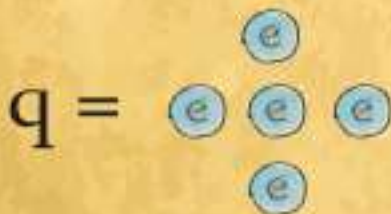
Para os prótons

$$q = +e = +1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Alguns Esclarecimentos...

Exemplo:

Qual é a quantidade de eletricidade para o conjunto de 5 elétrons?

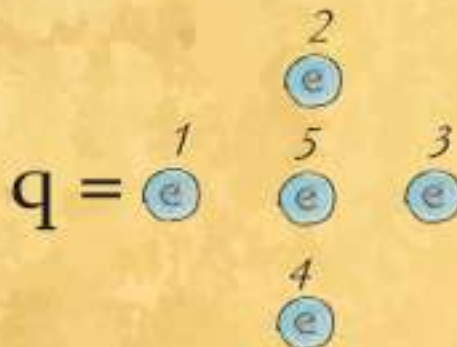


Sabendo que a carga elementar do elétron é $-e$...

Temos que:

$$q = 5(-e)$$

$$q = -5e$$



...e que o conjunto é formado por 5 elétrons

Sendo assim, para um caso geral

$$q = n.e$$

*Quantidade
de Eletricidade*

*Quantidade
de Elétons*

*Carga
Elementar*

Alguns Esclarecimentos...

É importante lembrar que a carga é uma **grandeza quantizada**, ou seja, só pode assumir certos valores. No caso, apenas valores **INTEIROS** e **MÚLTIPLOS** da carga elementar.

Ou seja

$$q = e; 2e; 3e, 4e... ne$$

$$q = -e; -2e; -3e; -4e... -ne$$

Da mesma forma que não faz sentido falar

“Uma galinha botou 6 ovos e meio esta semana”



Não faz sentido dizer que

encontrou uma carga que seja:

$2,5e$ ou $3,75e$

Alguns Esclarecimentos...

Como foi convencionalizado que a carga do elétron é negativa, quando um corpo perde elétrons ele fica carregado positivamente e quando um corpo ganha elétrons ele fica carregado negativamente.

Se ficou confuso, faça a substituição:

cada elétron representa uma dívida de **RS 1,00**

cada próton representa uma moeda de **RS 1,00**

Obs.: Você pode ganhar ou perder dívidas, mas não pode ganhar ou perder dinheiro.



Uma pessoa possui

3 dívidas e 3 reais

Saldo total: **RS 0,00**



Uma das dívidas é paga

2 dívidas e 3 reais

Saldo total: **+RS 1,00**



Ela ganha mais duas dívidas

4 dívidas e 3 reais

Saldo total: **RS -RS 1,00**

Alguns Esclarecimentos...



Uma pessoa possui

3 dívidas e 3 reais

Saldo total: R\$ 0,00

Esse primeiro caso faz referência a um átomo

NEUTRO

o número de elétrons é **IGUAL** ao número de prótons.



Uma das dívidas é paga

2 dívidas e 3 reais

Saldo total: +R\$ 1,00

Esse segundo caso faz referência a um átomo

POSITIVAMENTE

CARREGADO
o número de elétrons é **MENOR** que número de prótons.



Ela ganha mais duas dívidas

4 dívidas e 3 reais

Saldo total: R\$ -R\$ 1,00

Esse terceiro caso faz referência a um átomo

NEGATIVAMENTE

CARREGADO
o número de elétrons é **MAIOR** que número de prótons.

Alguns Esclarecimentos...

Condutor e Isolante

Você se lembra dos experimentos de Stephen Gray e a característica de certos materiais em comunicar a virtude atrativa? Então, hoje chamamos os materiais que conduzem bem a eletricidade de condutores e aqueles que conduzem mal a eletricidade chamamos de isolantes. Essa propriedade dá-se características atômicas de alguns elementos.

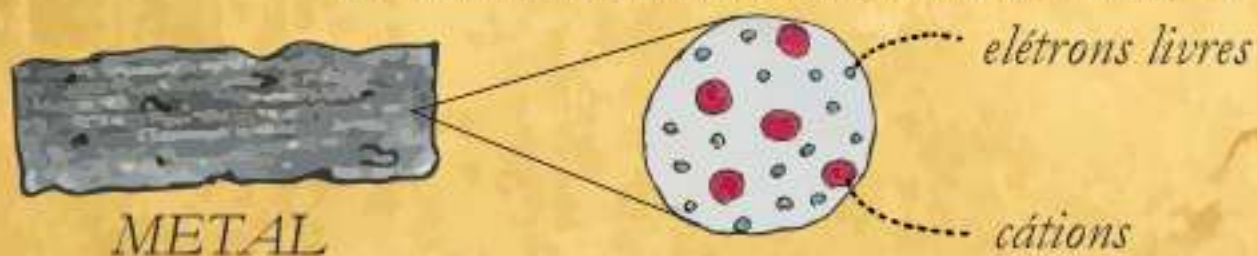


Alguns Esclarecimentos...

Condutor e Isolante

Os materiais condutores, como metais, são compostos por muitos elétrons. Aqueles que estão mais afastados do núcleo ficam submetidos a uma força atrativa menor e conseqüentemente ficam "livres" no material.

Por conta disso são chamados elétrons de condução.



Os materiais isolantes, por possuírem menos elétrons livres não conseguem conduzir eletricidade.

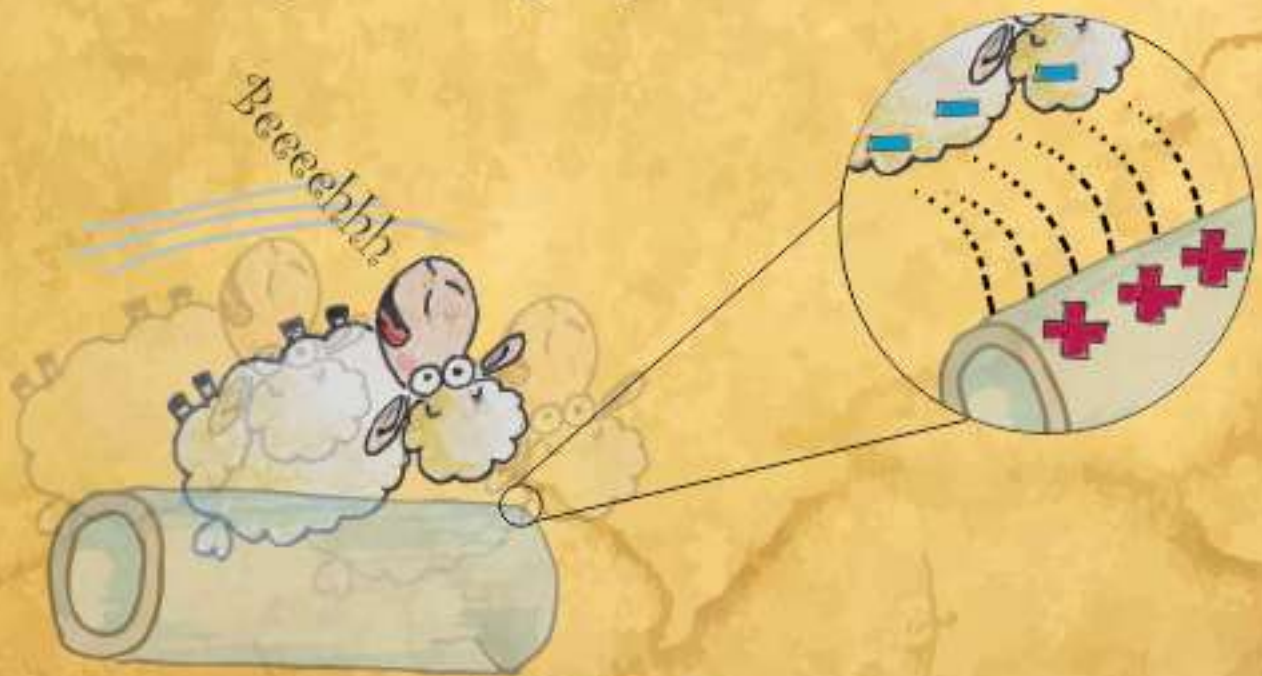


Capítulo 07 :Processos de Eletrização

Ao longo da história podemos perceber que a eletrização esteve presente nos experimentos de diversos estudiosos. Devido a sua relevância, vamos agrupar e discorrer detalhadamente sobre estes processos a partir de então.

Eletrização por atrito

A princípio, todos os corpos encontram-se neutros, sendo assim o mesmo número de prótons (positivo) é igual ao de elétrons (negativo). No entanto, ao atritarmos um pedaço de lã em um tubo de vidro, por exemplo, a lã arrancará elétrons do vidro, que ficará carregado positivamente, e a lã negativamente.



Eletrização por atrito

Para sabermos qual corpo ficará carregado positivamente e qual ficará carregado negativamente, devemos utilizar a série triboelétrica.

Nada mais é, que uma tabela que auxilia nesta função.

pele humana seca
vidro
lã
seda
âmbar



POSITIVO

A substância que estiver mais acima na tabela, será carregada positivamente;

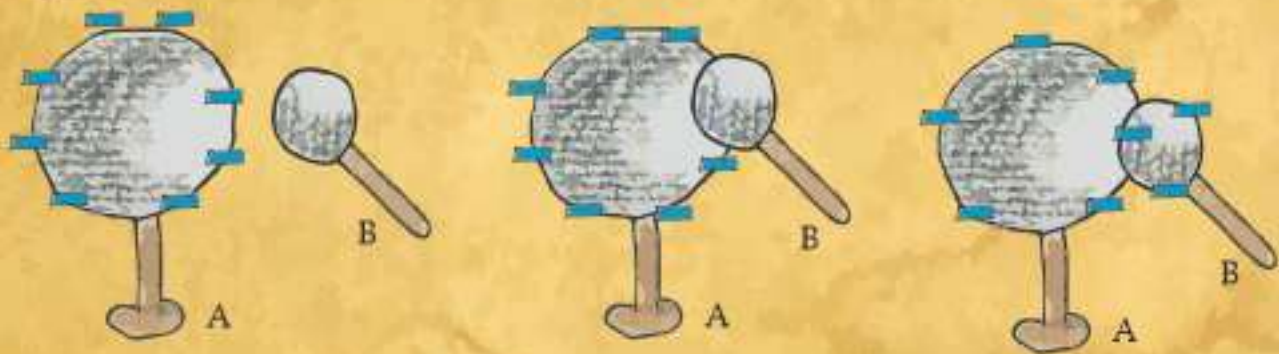
A substância que estiver mais abaixo da tabela será carregada negativamente.

NEGATIVO

Eletrização por Contato

A eletrização por contato ocorre quando queremos eletrizar um corpo condutor neutro a partir de outro corpo condutor eletrizado. Quando encostamos um corpo neutro em um corpo eletrizado ele passa a ser eletrizado devido ao deslocamento dos elétrons de condução

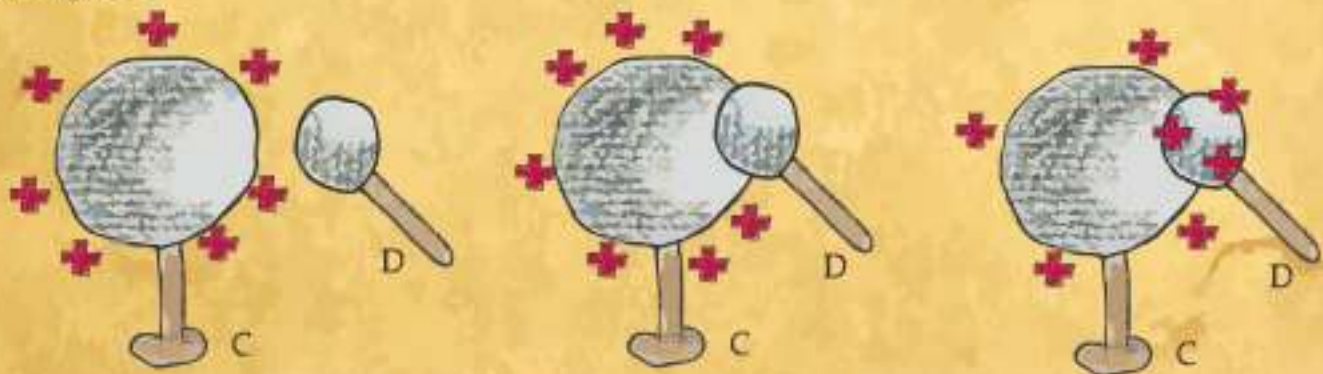
Exemplo 1



Neste exemplo, temos uma esfera A, isolada e carregada negativamente, e uma esfera B, neutra. Ao encostar a esfera B na esfera A haverá a passagem dos elétrons livres de A para B.

Eletrização por Contato

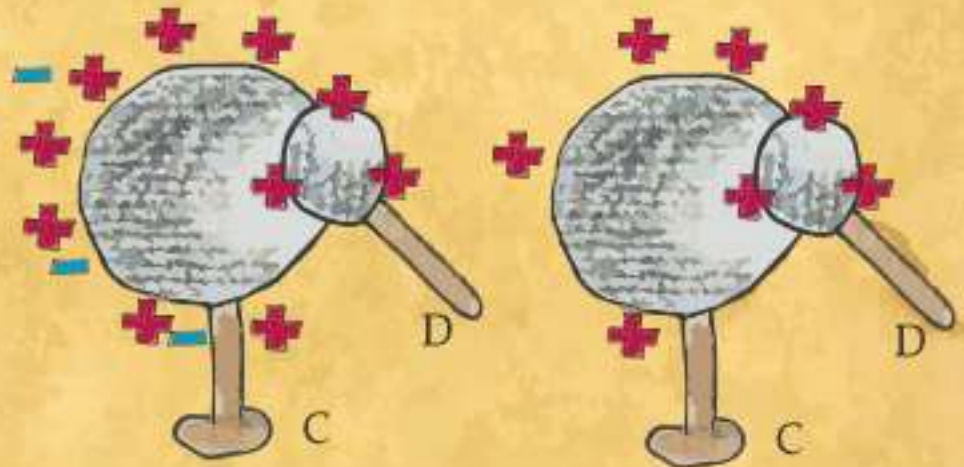
Exemplo 2



Neste exemplo, temos uma esfera C, isolada e carregada positivamente, e uma esfera D, neutra. Ao encostar a esfera D na esfera C haverá a passagem dos elétrons livres de D para C.

Eletrização por Contato

Exemplo 2



Perceba que não há movimentação das cargas positivas! O que acontece é que os elétrons da esfera D, neutra, são atraídos pelas cargas positivas da esfera C. Sendo assim, a esfera D perde elétrons para C e fica positivamente carregada.

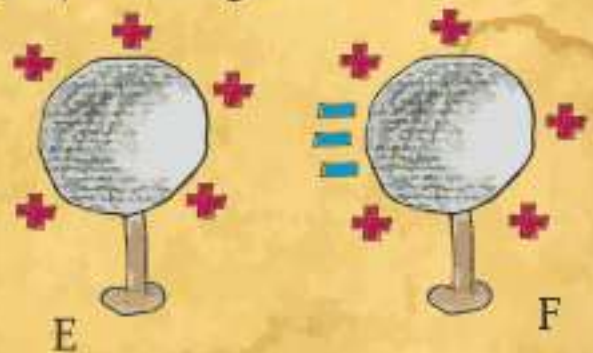
É importante lembrar que as cargas são conservadas.

Eletrização por Indução

O processo de indução ocorre quando há separação de cargas, geralmente, em um mesmo corpo, ao aproximar um objeto eletrizado. Ao fazer isso, os elétrons do corpo neutro são atraídos ou repelidos, dependendo da carga do corpo eletrizado, havendo assim a separação de cargas.

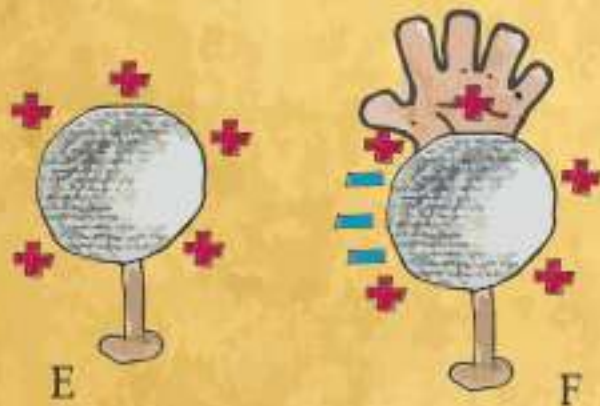


Inicialmente, temos a esfera E carregada positivamente e a esfera F neutra, separadas por uma certa distância.

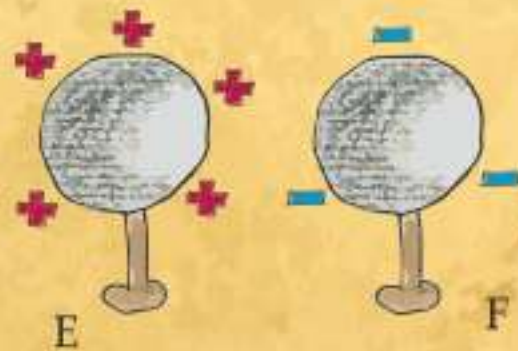


Ao aproximarmos a esfera E da esfera F, sem encostar, os elétrons de F serão atraídos pelas cargas positivas de E. Havendo assim uma separação de cargas na esfera neutra.

Eletrização por Indução



Quando encostamos na esfera F, os elétrons da mão serão atraídos pelas cargas positivas.



Sendo assim, haverá excesso de elétrons na esfera F, deixando-a negativamente carregada.

Processos de Eletrização na Natureza

Você sabia que a física também está envolvida no processo de polinização?



ABELHA

Ao voar as abelhas
perdem elétrons,
ficando positivamente
carregadas.



Processos de Eletrização na Natureza

Quando a abelha passa próximo a antera da flor, que é isolada eletricamente da Terra, ocorre o processo de indução elétrica.



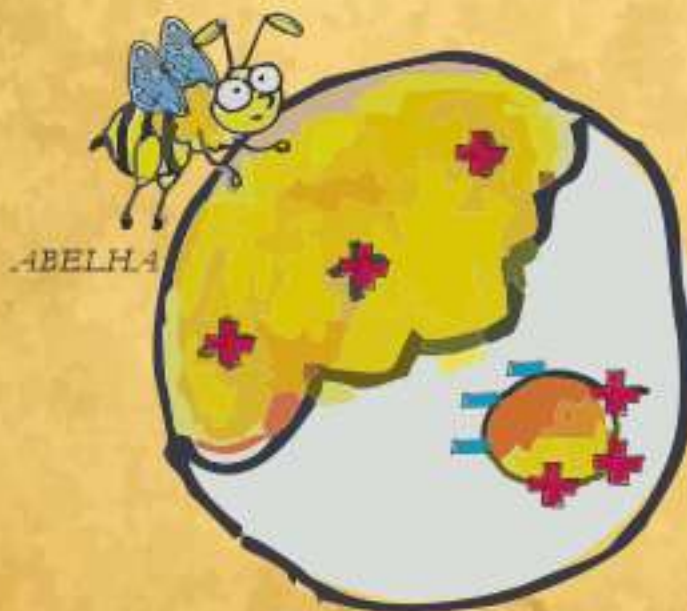
Processos de Eletrização na Natureza



As cargas positivas da abelha induzem uma carga no grão de pólen, eletricamente neutro.



Processos de Eletrização na Natureza



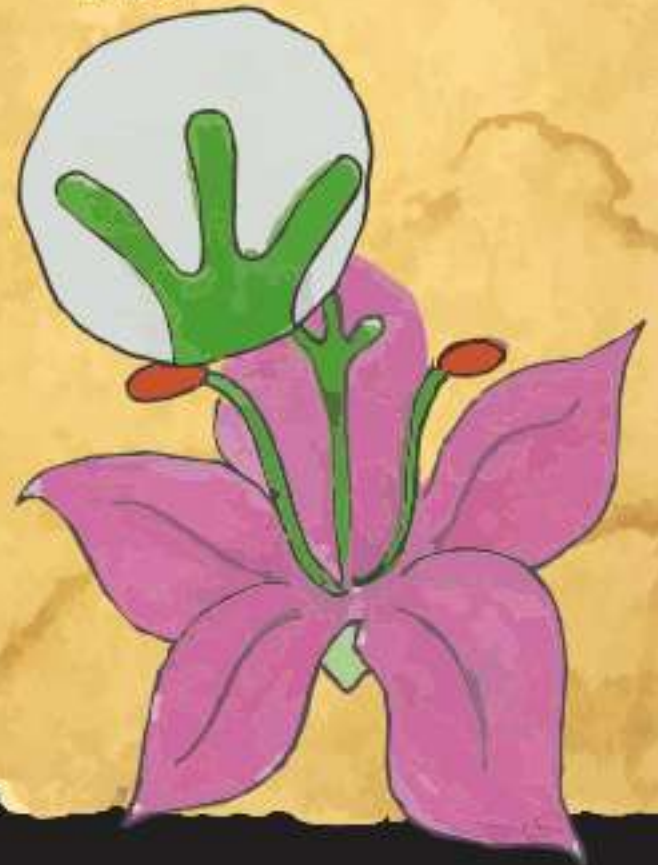
O grão de pólen é atraído pela abelha e fica preso em seus "pelos" durante o voo.

Processos de Eletrização na Natureza

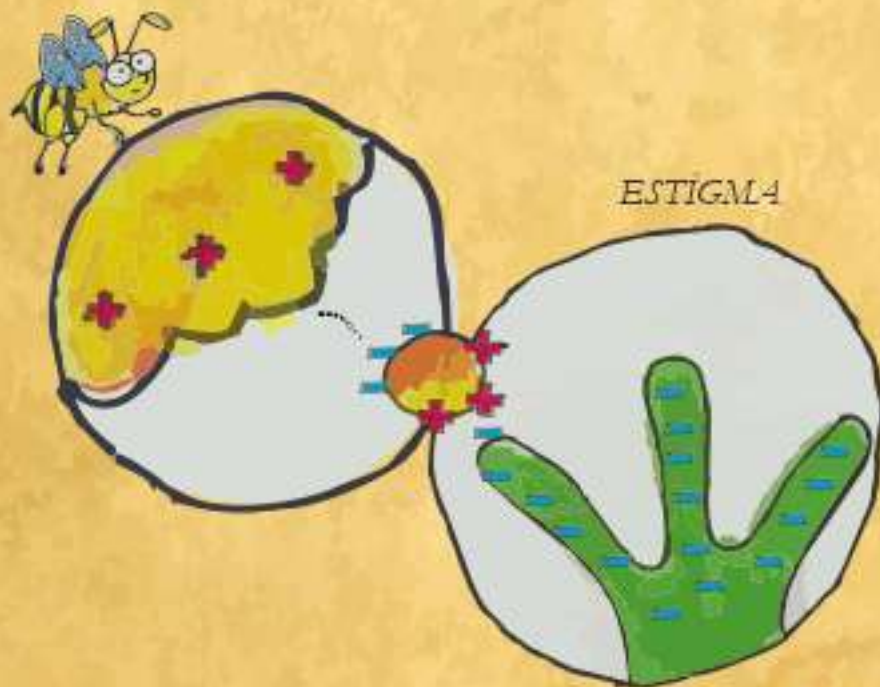


Ao se aproximar do estigma da flor, que está ligado à Terra, alguns elétrons são atraídos, devido a carga da abelha e a carga do grão de pólen.

ESTÍGMA



Processos de Eletrização na Natureza



A carga induzida no estigma atrai o grão de pólen, que fecunda a planta.

Capitulo 08 : Coulomb

Charles Augustin de Coulomb é um dos principais nomes quando se fala dos fenômenos elétricos. Nascido na França em 1736, Coulomb foi engenheiro militar e trouxe diversas contribuições para esta área. No entanto, foi a partir de seus estudos sobre a elasticidade dos fios que passou a se interessar pelas interações elétricas.



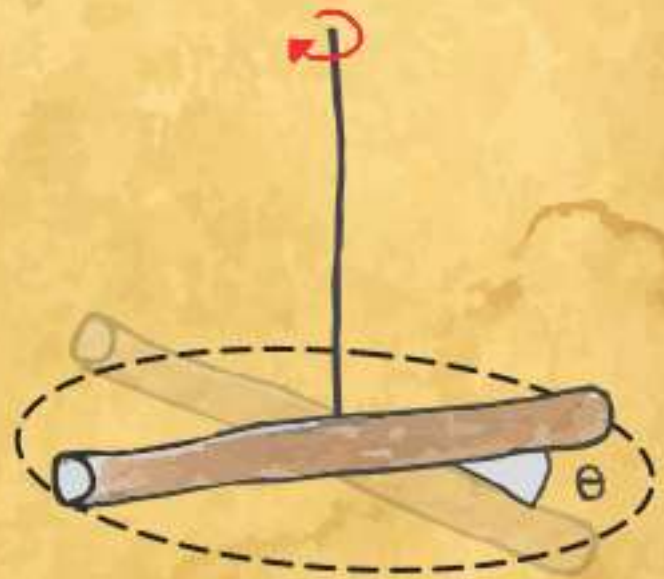
COULOMB



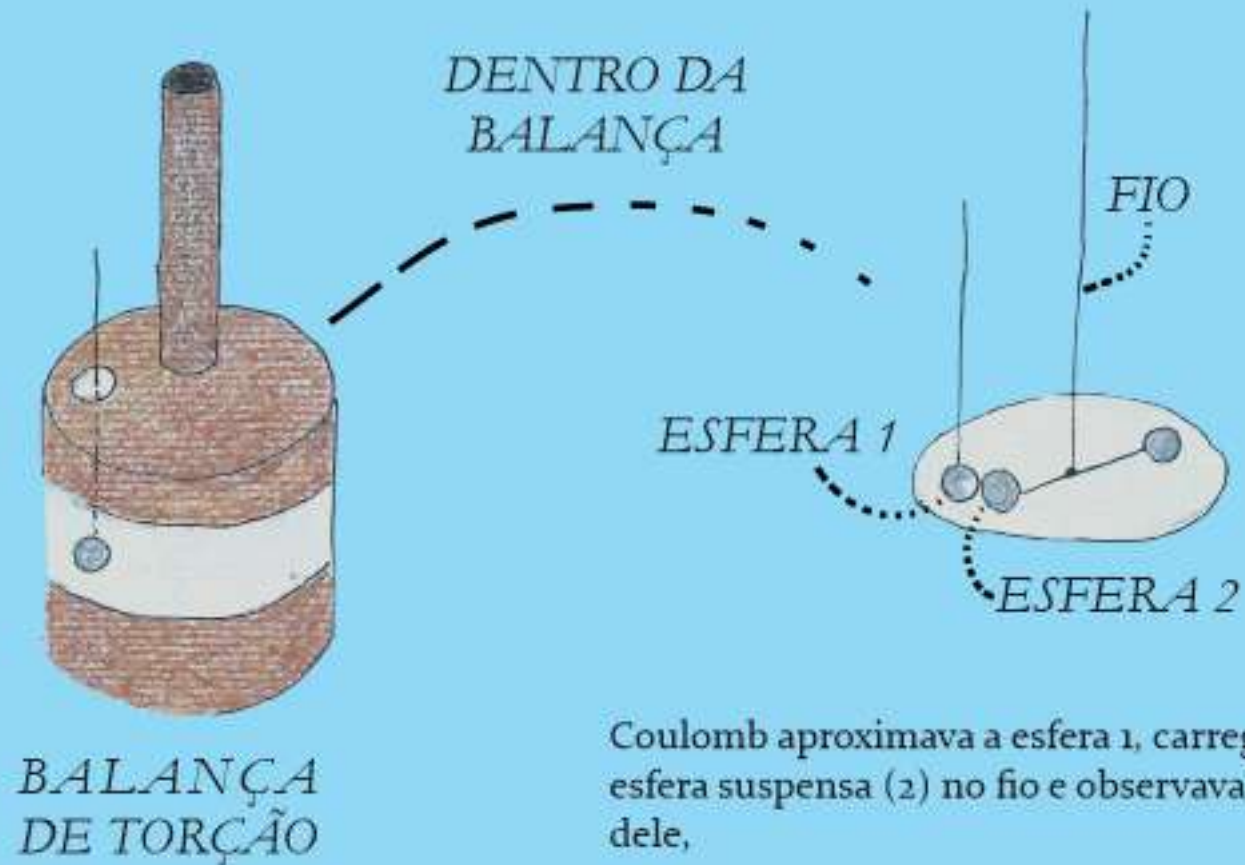
FIO

Ele percebeu que ao torcionar um fio era possível determinar a força devido a proporcionalidade com o ângulo de torção e mais, ao utilizar fios muito finos, seria possível medir a força de repulsão elétrica entre os corpos.

Foi a partir desses estudos que ele observou a proporcionalidade entre a força e a distância, bem como entre a força e as cargas.



Entenda o Plano



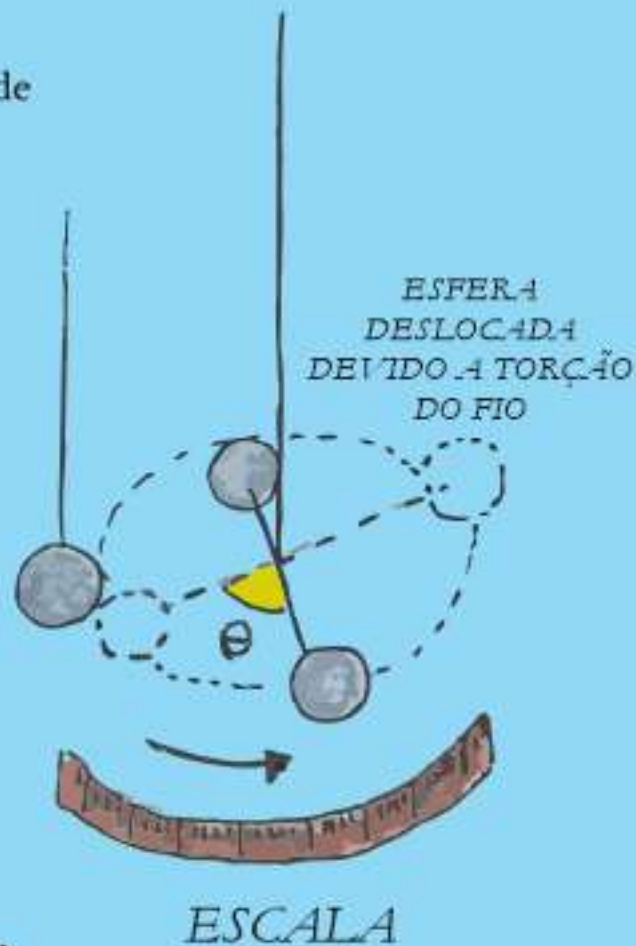
Entenda o Plano

Após um tempo, quando o fio parava de oscilar, ele media o ângulo formado. Após os cálculos, aferiu a constante de proporcionalidade

K e conseguiu estabelecer uma relação matemática entre a força, carga e a distância.

Hoje conhecida como Lei de Coulomb.

De 1785 até os dias de hoje não houve nenhuma exceção.



Lei de Coulomb

Com isso ele percebeu que o módulo da força de interação entre duas cargas era proporcional a carga e inversamente proporcional à distância ao quadrado. Descrita matematicamente pela equação:

$$F = \frac{k |q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$

F = Força Elétrica (N)

k = Constante Eletrostática

q = Cargas 1 e 2 (C)

d = Distância entre as cargas (m)

Lembrando que

o valor da constante k é

$$9,0 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

Os valores das cargas estão em módulo.

Além de saber aplicar a fórmula é preciso compreender o que ela quer nos dizer.

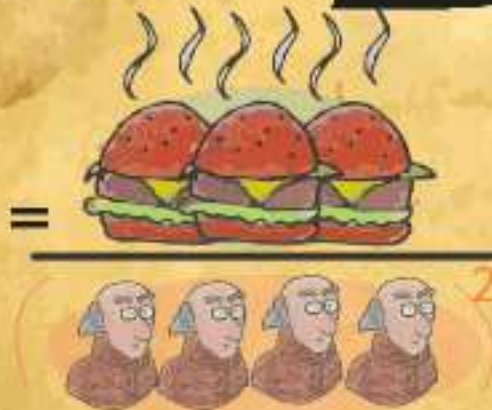
Ao fazer isso, é possível agir criticamente sobre os resultados obtidos.

Ex.: Como a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância, se a distância aumentar a força elétrica irá diminuir. Se ao fazer os cálculos você obter uma força maior para distâncias maiores, é melhor revisar o que foi feito.

Vamos fazer uma análise
substituindo os grupos
destacados

Capítulo 08

Quantidade
Lanches
por pessoas



Se aumentarmos o número pessoas o
que acontece com a 'quantidade de
lanches por pessoa' ?

Resp.: O número de lanches por pessoa
irá diminuir

... E se aumentarmos a quantidade
de lanches ?

Resp.: O número de lanches por pessoa
irá aumentar

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{d^2}$$

Se aumentarmos a distância entre
as cargas o que acontece com a
força?

Resp.: A força irá diminuir

... E se o valor da carga for
maior?

Resp.: A força irá aumentar

É importante lembrar que Força é uma grandeza vetorial.

Mas o que é uma grandeza vetorial?

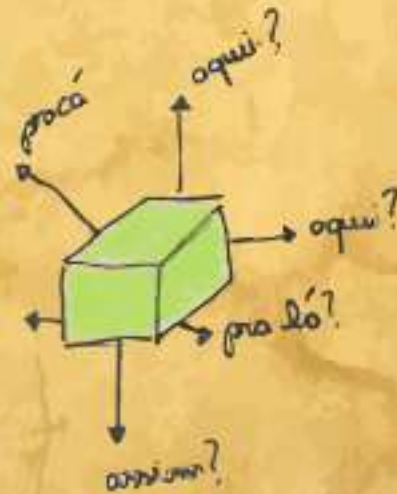
Existem dois tipos de grandezas, as escalares e as vetoriais. As grandezas escalares são caracterizadas por serem suficientes apenas com as unidades, ex: 4 metros, 25 graus Celsius, 3 segundos etc.



Perceba que é possível compreender a mensagem só com essas informações ao contrário das grandezas vetoriais que precisam de informações geométricas.

Por exemplo.

“Eu apliquei uma força em um bloco”
ok! Mas em qual direção? Qual sentido?
Qual o módulo dessa força?



Capítulo 09 : Campos Elétricos

Veja as seguintes situações



Uma pessoa é atraída pelo cheiro de um delicioso hamburguer

Um pintinho sai correndo ao encontro de sua mãe, após vê-la.



Se os elétrons não possuem olhos para ver, ouvidos para ouvir, nariz para cheirar...

COMO AS CARGAS
NEGATIVAS SÃO ATRAÍDAS
PELAS CARGAS
POSITIVAS???

É nessa parte que entra o conceito de campo!!!
Embora os pensadores gregos já tentassem explicar os fenômenos de interação que envolviam as rochas magnéticas, cujo o efeito é semelhante ao âmbar, o conceito de campo só começou a ser desenvolvido na Mecânica, a partir da Lei da Gravitação Universal de Newton em 1687, ao propor que dois corpos, como a Terra e a Lua interagiam entre si através da gravidade.

Como Newton não se preocupou em explicar a causa do fenômeno, muitos consideraram a ideia como ação à distância. Newton, em uma de suas cartas, destinadas à Richard Bentley, considerou um tanto quanto ingênuo pensar que um corpo podia exercer uma força sobre outro sem que houvesse um mediador



LU4



TERRA



NEWTON

Mais tarde, o conceito de campo como mediador seria estendido para as interações elétricas e magnéticas após o experimento de Oersted, no qual os pesquisadores da época passaram a se preocupar com as causas das transmissões de forças magnéticas, sendo um deles o físico Michael Faraday em 1821, que era contrário à ideia de ação à distância por acreditar que este conceito traria inconsistências físicas.

Outra questão que influenciou em seu posicionamento foi a observação das denominadas linhas de força usando limalhas de ferro sob efeito de um ímã



OERSTED

A partir das linhas de força, James Klark Maxwell em 1873 buscou explicar matematicamente o que mediaría a interação entre corpos espacialmente separados.

Para isso, começou a trabalhar com a possibilidade da existência de um fluido considerado fundamental da natureza, o éter, responsável por preencher todos os espaços vazios existentes e que explicaria as transmissões das forças.

Mas essa hipótese foi descartada após os experimentos de Michelson e Morley.

ÉTER



MAXWELL

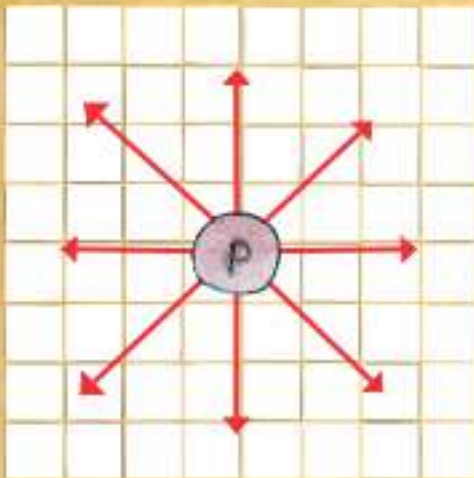
Hoje o conceito de campo está ligado a alteração das propriedades do espaço ao redor de uma carga colocada em algum lugar desse espaço. Sendo campo uma grandeza vetorial, ou seja é dotado de módulo, direção e sentido.



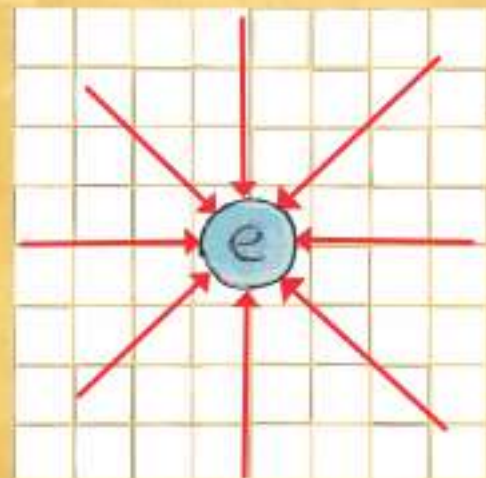
A partir dessa definição, podemos entender melhor o processo de polinização, agora, usando a ideia de campo.

Ao ser eletrizada durante o voo, as cargas geram um campo elétrico ao seu redor. Esse campo modifica as propriedades do espaço, induz uma carga no grão de pólen que é facilmente atraído.

Por convenção, adotamos que o sentido do campo depende do sinal da carga. Se o campo é criado por uma carga positiva o sentido é de afastamento e se é formado por uma carga negativa o sentido é de aproximação.



POSITIVA = AFASTAMENTO



NEGATIVA = APROXIMAÇÃO

A Força e Campo elétrico

Quando colocamos uma carga de prova em uma região onde há presença de um campo elétrico será notado uma força atuando sobre essa carga proporcional ao campo elétrico e a carga de prova.

Dada pela equação

The diagram shows the equation $\vec{F} = q \cdot \vec{E}$ centered on a piece of aged paper. Three labels with arrows point to the variables: 'FORÇA' points to \vec{F} , 'CAMPO ELÉTRICO' points to \vec{E} , and 'CARGA DE PROVA' points to q . Dashed lines connect the labels to the variables.

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

FORÇA

CAMPO ELÉTRICO


CARGA DE PROVA

Exemplo:

- 1** Suponha que temos uma esfera condutora eletrizada com uma carga $+Q$



- 2** Se ela está eletrizada, consequentemente haverá um campo elétrico.

$+q$ 
CARGA DE PROVA

- 3** O que acontecerá se colocarmos uma partícula carregada na presença desse campo?

- 4** A carga de prova sentirá uma FORÇA Conforme vimos na equação anterior, que é proporcional a sua carga e ao campo gerado por Q



- 5** Neste caso, a força é de repulsão devido ao sinal da carga de prova e ao campo gerado.



Como mencionado anteriormente o campo é gerado a partir de uma carga que modifica o espaço ao seu redor. Sendo assim, como podemos determinar o módulo do campo elétrico num ponto P qualquer? Podemos fazer isso usando a definição de força do campo associado a Lei de Coulomb, chegando no seguinte resultado

$$F = |q| \cdot E$$

$$F = k \frac{|q| \cdot |Q|}{d^2}$$

Igualamos as duas equações

~~$$|q| \cdot E = k \frac{|q| \cdot |Q|}{d^2}$$~~

Cancelando a carga de prova de ambos os lados, temos:

$$E = k \cdot \frac{|Q|}{d^2}$$

O que essa equação nos diz?

$$E = k \cdot \frac{|Q|}{d^2}$$

Essa equação nos diz que o módulo do campo elétrico é:

Diretamente proporcional
a carga geradora

Quanto **maior** a carga
maior o módulo campo

Quanto **menor** a carga
menor o módulo campo

Inversamente proporcional a
distância ao quadrado.

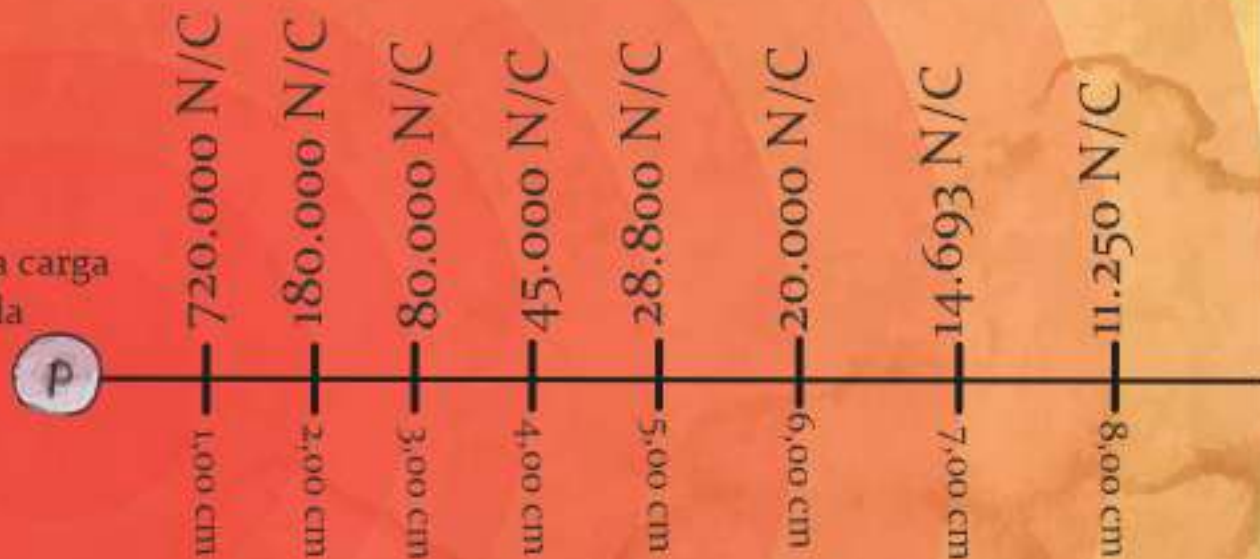
Quanto **maior** a distância
menor o módulo do campo

Quanto **menor** a distância
maior o módulo campo

CAMPO ELÉTRICO E A DISTÂNCIA

Vamos analisar o módulo do campo em diferentes distâncias.

Vamos pegar uma carga de $8,0 \text{ nC}$ colocada no vácuo.



Perceba o quanto o módulo do campo elétrico variou em apenas 8 centímetros!!!

Linhas de campo

As descobertas de Faraday só foram possíveis graças a um convite a um jornal em 1821. Foi proposto a Faraday escrever um pouco sobre as suas experiências com os fenômenos eletromagnéticos.

Além de relatar o que já havia sido descoberto, buscou refazer experimentos e colocar suas próprias impressões.

Dentre elas está a observação das linhas de força de campo magnético através do experimento com limalhas de ferro e um imã. Essas linhas nos ajudam a ter uma noção do comportamento do campo elétrico.



FARADAY

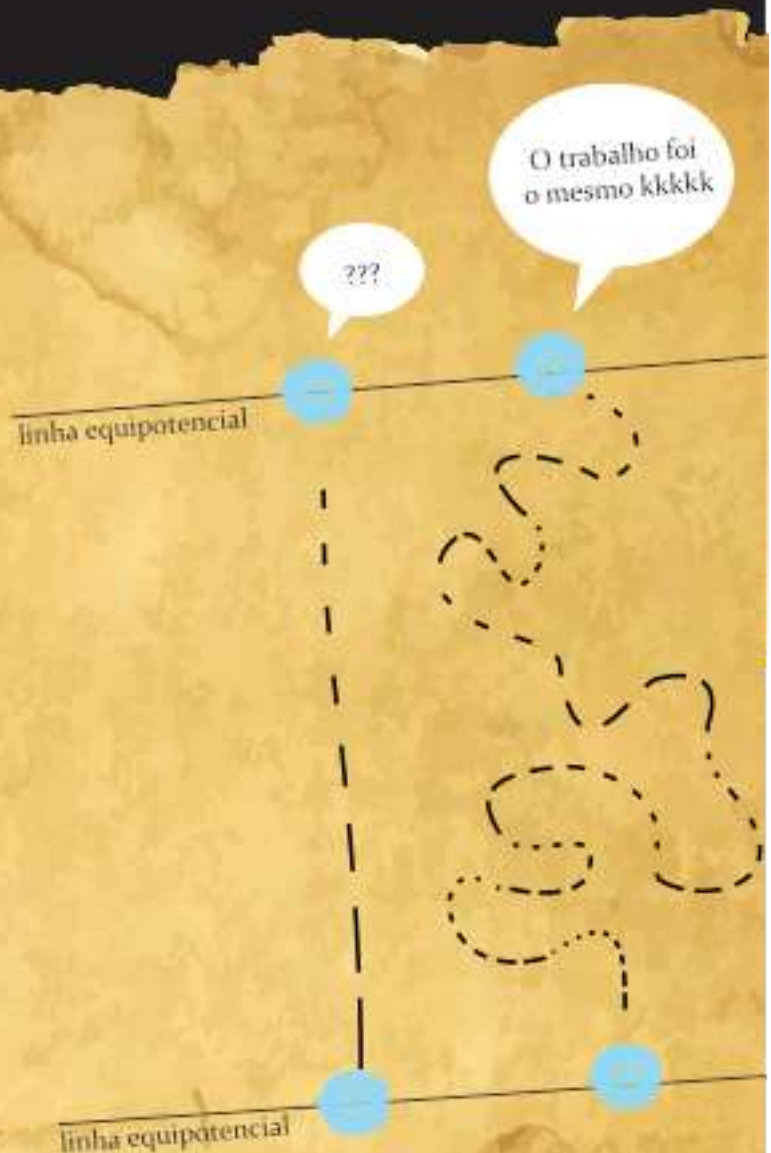


*LINHAS DE
CAMPO MAGNÉTICO*

Capítulo 10 : Potencial Elétrico

Além da importância de conseguirmos definir a natureza dos fenômenos físicos, é interessante identificar se um sistema é conservativo. Hoje sabemos que o campo elétrico é conservativo, isto é, o trabalho da força elétrica sobre uma partícula carregada independe da trajetória e com isso é possível determinar o potencial elétrico.

Mas o que é potencial elétrico?



Imagine que você tenha duas cargas com mesmo sinal separadas por uma distância d . Para que você consiga aproximá-las será preciso exercer uma força externa. Ao fazer isso é realizado um trabalho sobre essa carga e conseqüentemente é cedida uma certa energia a carga, que é a energia potencial elétrica.

CARGA 1



CARGA 2



d

Essa energia é proporcional a carga geradora, a carga de prova e inversamente proporcional à distância.

Dada por

$$\epsilon = K \frac{q \cdot Q}{d}$$

Diagram illustrating the formula $\epsilon = K \frac{q \cdot Q}{d}$ with labels and dashed lines connecting them:

- ϵ : ENERGIA POTENCIAL
- K : CONSTANTE ELETROSTÁTICA
- q : CARGA DE PROVA
- Q : CARGA GERADORA
- d : DISTÂNCIA

Para facilitar as nossas vidas consideramos a energia potencial elétrica igual a zero no infinito.

Entenda

Para valores muito grandes de 'd' a energia ϵ tende a zero.

Tenho um único lanche para ser dividido para o mundo todo



Como 'o mundo todo' corresponde à muitas pessoas, ao dividir o lanche, cada pessoa receberá um pedaço **EXTREMAMENTE insignificante**, praticamente **ZERO**.

Da mesma forma acontece com a energia potencial elétrica no infinito.

Como a distância é muito grande comparado as outras grandezas a energia potencial tende a zero no infinito.

Sendo assim, potencial elétrico é uma propriedade do campo na qual há uma energia associada ao espaço em que é submetido um campo elétrico.

$$V = \frac{\epsilon}{q}$$

Diagram illustrating the equation $V = \frac{\epsilon}{q}$ with labels:

- POTENCIAL ELÉTRICO (Electric Potential) - points to V
- ENERGIA POTENCIAL (Potential Energy) - points to ϵ
- CARGA DE PROVA (Test Charge) - points to q

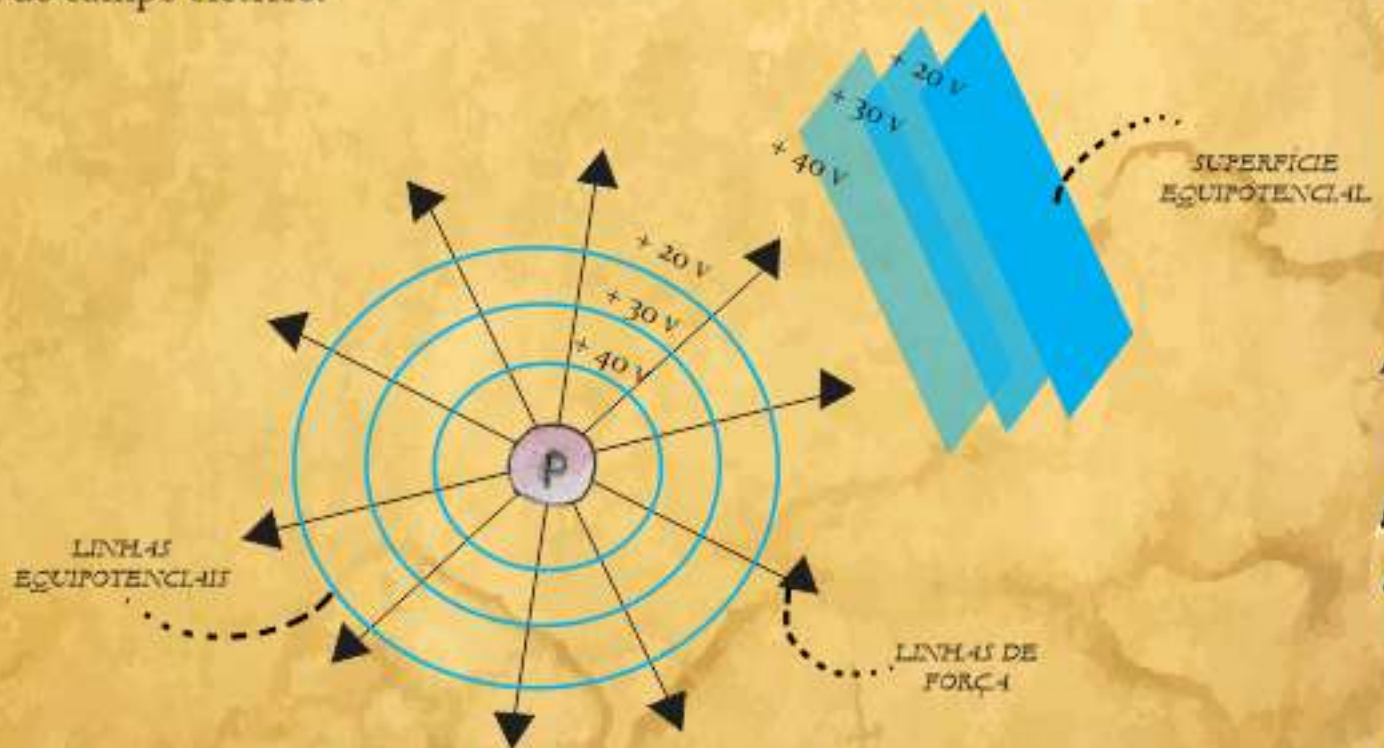
Para o caso das cargas puntiformes ele pode ser determinado através da equação. Através dessa equação é possível determinar o potencial elétrico (Volts) a uma distância d da carga.

$$V = K \frac{Q}{d}$$

Diagram illustrating the equation $V = K \frac{Q}{d}$ with labels:

- POTENCIAL ELÉTRICO (Electric Potential) - points to V
- CARGA GERADORA (Generating Charge) - points to Q
- CONSTANTE ELETROSTÁTICA (Electrostatic Constant) - points to K
- DISTÂNCIA (Distance) - points to d

Considerando uma carga no espaço percebemos que existem diversas regiões com o mesmo potencial. O conjunto com esses pontos de mesmo potencial são chamadas superfícies equipotenciais. Quando representamos essas superfícies devemos nos atentar que elas são perpendiculares às linhas de força do campo elétrico.



Capítulo 11: Trabalho de Campo Elétrico

Anteriormente falamos sobre o exemplo de aplicar uma força externa em uma carga para aproximá-la de outra (de mesmo sinal) e citamos a realização de trabalho. Em definição o trabalho de uma carga é definido por:

$$\tau_{ab} = q (V_a - V_b)$$

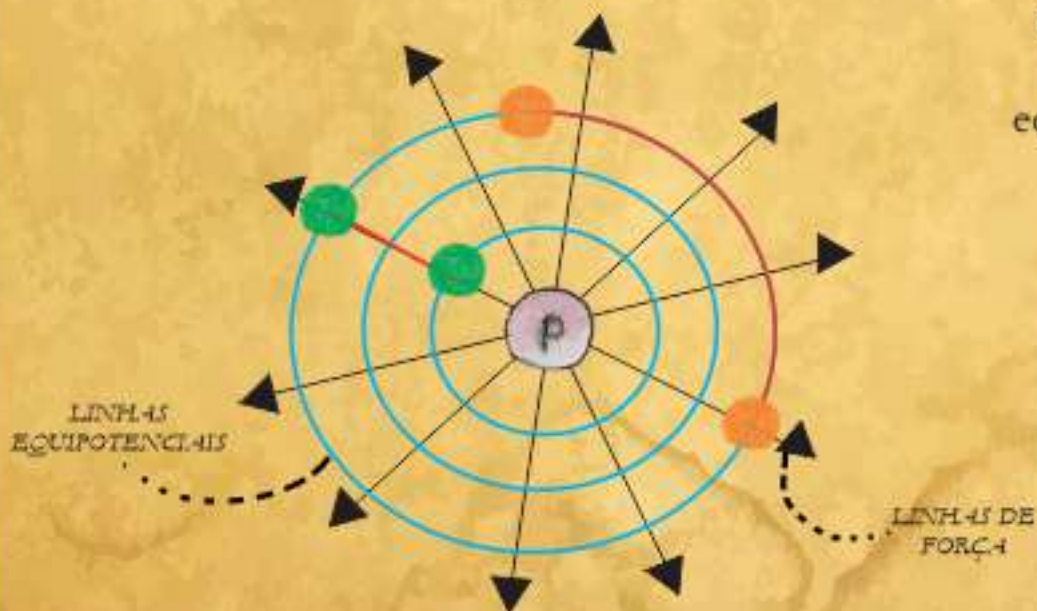
TRABALHO DE
UMA FORÇA ELÉTRICA

CARGA

POTENCIAL
NO PONTO
A

POTENCIAL
NO PONTO
B

Essa equação nos diz que o trabalho no campo elétrico independe da trajetória. Ele depende apenas da carga e da variação de potencial. É importante lembrar que, para o caso de deslocamento de uma carga em uma mesma superfície equipotencial não haverá trabalho.



Como a carga laranja andou sobre uma mesma linha equipotencial, ela não realizou trabalho.

Como a carga verde andou sobre linhas com potenciais diferentes, ela realizou trabalho

Exemplo:

Deslocamos, em uma região onde há um campo elétrico uma carga elétrica negativa $q = -4,0 \text{ nC}$, do ponto A, de potencial $+5,0 \text{ V}$, até um ponto B, de potencial, $-5,0 \text{ V}$. Vamos determinar o trabalho.

$$\tau_{ab} = q(V_a - V_b) \quad \begin{array}{l} q = -4,0 \text{ nC} \\ V_a = +5,0 \text{ V} \\ V_b = -5,0 \text{ V} \end{array}$$

Substituindo os valores do enunciado na equação, temos:

$$\tau_{ab} = -4,0 \text{ n}(5,0 - (-5,0))$$

$$\tau_{ab} = -4,0 \text{ n}(10)$$

$$\tau_{ab} = -4,0 \cdot 10^{-8} \text{ Joules}$$

Referências

OKA, M.M. História da Eletricidade. Nov. 2000.

BOSS, S. L. B. CALUZZI, J.J. Os conceitos de eletricidade vitrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay. Ago. 2007.

MAGALHÃES, A. P. Matéria elétrica e Forma Magnética: Experimentos e concepções de Willian Gilbert. 2007.

RAIČIK, A. C. PEDUZZI, L. O. Q. Um resgate histórico e filosófico dos estudos de Stephen Gray. 2016.

SILVA, C.C. PIMENTEL, A. C. As atmosferas elétricas de Benjamin Franklin e as interações elétricas no século XVIII. 2006.

SANTOS, M. E. M. SILVA E. L. Aspectos sócio-históricos relativos à Eletricidade e Pilha: Contribuições para a Formação de Professores. 2015.

Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/2535/1232>

Referências

DOMINGOS, F.D.S. obstáculos epistemológicos no pensamento científico de Benjamin Franklin; contribuições para o ensino da ELETRICIDADE Disponível em : https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/32424/1/Obstaculosepistemologicospensamento_Domingos_2021.pdf

MOURA, B.A. BONFIN, T. Benjamin Franklin e a formação de temporais com raios e trovões. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n2p460/34603>

LOPES, C.V.M. Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica a introdução a quântica. 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/78156>

SAMPAIO, José Luiz. CALÇADA, Caio Sergio. Física: Volume único. 2ª edição. São Paulo: Teresa Christina W.P. de Mello Dias, 2005.)

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009 vol 3;

SILVA, Marcos Correa da; KRAPAS, Sonia. Controvérsia ação a distância/ação mediada : abordagens didáticas para o ensino das interações físicas. Rev. Bras. Ensino Fis., 2007o vol.29, no.3, p.471-479. ISSN 1806-1117.