

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPG 
ensino de física

Sílvio Luiz Rutz da Silva
André Vitor Chaves de Andrade
André Maurício Brinatti
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva
(organizadores)

José Felipe Hneda
André Maurício Brinatti

volume 38

Da Eletrização à Interação a Distância

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROPESP

SÉRIE:
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA
Volume 38

JOSÉ FELIPE HNEDA
ANDRÉ MAURICIO BRINATTI

Da Eletrização à Interação a Distância

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva

(ORGANIZADORES)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Miguel Sanches Neto
REITOR

Prof. Dr. Ivo Mottin Demiate
VICE-REITOR

Prof. Dr. Renê Francisco Hellman
PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MNPEF - POLO 35 – UEPG MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Colegiado

Prof. Dr. Paulo César Facin (Coordenador)
Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva (*Vice-Coordenador*)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (*Titular*)
Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro (*Titular*)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (*Titular*)
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (*Suplente*)
Prof. Dr. Julio Flemming Neto (*Suplente*)

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
AV. CARLOS CAVALCANTI, 4748
CEP 84030-900 – PONTA GROSSA – PARANÁ
ppgef.sites.uepg.br

CONSELHO EDITORIAL

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Prof. Dr. Ademar de Oliveira Ferreira (IFPR)
Prof. Dr. André Assmann (UNIOESTE)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)
Prof. Dr. Celso Araújo Duarte (UFPR)
Prof. Dr. Danilo Augusto Ferreira de Jesus (IFPR)
Prof. Dr. Gélson Biscaia de Souza (UEPG)
Prof. Dr. Gérson Kniphoff da Cruz (UEPG)
Profa. Dra. Hatsumi Mukai (UEM)
Prof. Dr. Hercília Alves Pereira de Carvalho (UFPR)
Profa. Dra. Jaqueline Pavelegine de Medeiros (SEED-PR)
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. João Amadeus Pereira Alves (UTFPR)
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)
Prof. Dr. Milton Thiago Schivani Alves (UFRN)
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)
Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski (UTFPR)
Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab (UEPG)
Profa. Dra. Silvana Perez (UFPA)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)

Ficha catalográfica



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons
Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física

a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentando estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdo para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Organizadores

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
1 INTRODUÇÃO	11
2 PLANEJAMENTO.....	13
3 CONSIDERAÇÕES SOBRE ELETRIZAÇÃO, FORÇA ELÉTRICA e CAMPO ELÉTRICO	29
3.1 ELETRIZAÇÃO.....	29
4 ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR	58
4.1 O PAPEL DO PROFESSOR APLICADOR	58
4.2 PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO	58
4.3 APLICAÇÃO – ROTEIROS DO PROFESSOR.....	59
5 ROTEIROS EXPERIMENTAIS APLICADOS AS EQUIPES	70
6 APARATOS UTILIZADOS.....	89
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS.....	100

APRESENTAÇÃO

Com a intenção de oferecer suporte para que os professores possam lidar com os desafios do dia a dia, e fornece ferramentas e metodologias por meio das quais o entendimento do mundo seja proporcionado ao estudante durante a construção do conhecimento. Considerando, com nosso olhar de quem também está presente no processo de ensino e aprendizagem, as dificuldades de cada indivíduo e conduzindo todo o grupo de estudos ao desvendar da natureza, da física, esperamos dar uma pequena contribuição ao nossos colegas, professores e profissionais da educação a buscar solução dos problemas e deter suas angustias do trabalho em sala de aula, unindo a diversidade e questões sociais ali presente a trabalhar e ou estudar por um objetivo em comum.

Nesta perspectiva, esperamos que o presente material, idealizado como uma proposta alternativa para trabalhar conceitos relacionados à carga elétrica, seja capaz de fazer com que os estudantes deslumbrem efeitos da carga elétrica por meio de uma sequência de práticas que por muitas vezes se assemelham com famosos experimentos realizados ao longo da história. E, assim, como outrora entusiastas puderam experienciar descobertas sobre a natureza da eletricidade, que nossos alunos possam também encontrar nos fenômenos físicos significado no que é normalmente proposto como conteúdo da física.

DA ELETRIZAÇÃO À INTERAÇÃO A DISTÂNCIA foi desenvolvido para turmas do ensino médio, mais especificamente, as cargas elétricas e suas interações, geralmente fazem parte do conteúdo estruturante dos terceiros anos. Porém, o material é estruturado de tal forma que seus capítulos ou subcapítulos podem ser aplicados separados, quando a intenção do aplicador for acrescentar itens ao

conteúdo previsto. Inclusive a parte do conteúdo aplicado sobre a balança e a força peso se faz muito pertinente para aplicação quando se estuda tipos de forças.

Este material didático, nas práticas propostas, abrange os temas processos de eletrização, interações elétricas, condutores e isolantes, campo

elétrico, ruptura dielétrica, entre outros. Foi elaborado a partir da pesquisa da própria prática, onde a versão final só ficou pronta no final de todas as aplicações realizadas, sendo reformulado e corrigido dinamicamente.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo é explorar uma sequência de ensino do importante conceito de campo elétrico, pois é este que resulta na energia acumulada nas cargas elétricas, conhecida como energia elétrica, tão presente no dia a dia. Buscar colocar o aluno diante da exploração dos fatos, além de motivar pela própria curiosidade fazendo tomar suas responsabilidades e buscando seu conhecimento.

O motivador da construção deste produto foi a implementação da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel, realizando a pesquisa a partir da própria prática.

Onde vemos a aprendizagem como ampliação do conteúdo total do indivíduo, ou seja, no contexto sua estrutura cognitiva, armazenamento e organização dos conceitos e aprendizados sobre os temas eletrização, força elétrica e campo elétrico, na física, estejam acordantes com o aprendizado afetivo, no âmbito de que os sujeitos da aprendizagem possam sentir-se protagonistas de seu aprendizado, realizando as atividades propostas, dentro deste ambiente problematizador das situações de estudo, possam discutir comparar entendimentos do que se aprende realizando os trabalhos em equipes, nestes processos as mediações e as discussões sobre o assunto tem papel fundamental, pois as contextualizações inerentes a discussão dos fenômenos observados e as discussões mediadas sobre o assunto, colocam o aprendiz como autor da construção de um conhecimento autêntico, internalizando os conceitos e ampliando a estrutura cognitiva.

Além deste capítulo **1. INTRODUÇÃO**, que nos apresenta a organização desta obra, este produto educacional é composto de mais 6 capítulos, são eles:

O capítulo **2. PLANEJAMENTO** tem por objetivo preparar o professor para aplicação da sequência proposta. Está contido no plano de unidade os planos de aula e tem por objetivo preparar o professor para

aplicação da sequência proposta, cada plano de aula foi preparado para aplicação de uma hora aula de 50 minutos.

O capítulo **3. TEORIAS DA FÍSICA** apresenta os conceitos da física relacionados as interações elétricas e as aplicações experimentais e conteúdo desenvolvido.

O capítulo **4. ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR**, contém as orientações a serem utilizados pelo professor antes, durante e depois de cada uma das aulas.

Realizando um total de doze horas aulas (50 minutos), que são distribuídos em três momentos, abrangendo os conceitos de carga elétrica, força elétrica e campo elétrico, levando em conta o contexto histórico e preocupando-se com a transposição didática e adaptações feita durante as aplicações.

O capítulo **5. ROTEIROS EXPERIMENTAIS** contém os roteiros que devem ser utilizados pelas equipes de alunos durante as aulas como meios facilitadores do processo ensino-aprendizagem. Onde, por meio de experimentos simples, similares aos que outrora foram utilizados pelos mágicos eletricitistas, por meio dos quais podemos produzir e observar fenômenos básicos da eletricidade, que são descritos por meio de conceitos importantes para compreensão de mundo e das tecnologias.

O capítulo **6. APARATOS UTILIZADOS** – onde temos um roteiro simplificado de como montar os aparatos utilizados na proposta. Construídos com materiais acessíveis, por meio dos quais podemos produzir e observar fenômenos básicos da eletricidade.

O capítulo **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS** – finalizamos com breve parágrafo sobre o produto educacional em geral.

Em ambos capítulos: **4. ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR** e **5. ROTEIROS EXPERIMENTAIS**, temos a sequência didática a ser desenvolvida durante as doze aulas.

2 PLANEJAMENTO

As aulas têm seus objetivos gerais e específicos indicados nos planos de aula que disponibilizamos na sequência. Para as práticas desenvolvidas em sala também podemos atentar para os objetivos específicos apresentados em cada um dos planos de aula, mas de forma geral, podemos nos atrelar os objetivos ao significado que damos ao termo Prática. Neste trabalho, a palavra Prática, quer dizer a realização do experimento de forma ampla, ou seja, engloba toda a proposta e seu desenvolvimento, levando em conta as situações gerais, leitura, observação as orientações do roteiro, atenção aos detalhes dos procedimentos, e particulares de cada realização, como a conversa entre os alunos, suas observações, seus comentários, suas posições no processo da experimentação, suas possíveis soluções, suas proposições e hipóteses.

No Quadro 1 temos a distribuição das atividades desenvolvidas em cada uma das doze aulas, organizadas em três momentos, as orientações de como desenvolver cada atividade estão nos roteiros do professor e também nos roteiros dos alunos.

Vale lembrarmos que para a elaboração de cada momento nós tomamos como base trabalhos da literatura, a saber:

Momento 1 Aulas 1 a 3, nós tomamos como base os trabalhos de Assis (2010), Assis (2018) e Saad et al. (2020);

Momento 2 nós tomamos como base o trabalho de Cortel (1999).

Momento 3 com adaptações e elaboramos a parte da sequência didática das aulas 10, 11 e 12 com base nos trabalhos de Nunes F. (2020), Marcondes (2017) e Como Fazer Um Gerador Van De Graaff (FICOU DE ARREPIAR), (disponível em: <https://youtu.be/XGNsSshWzzA>, acesso: dez. 2018).: porém

Quadro 1: Organização da aplicação

(continua)

Momento 1 - Aula 1	- Apresentação do trabalho a ser desenvolvido, distribuição das pastas, orientações referentes formação de equipes. - Orientações sobre as formas de descrição: texto, gravuras, desenhos, tabelas, mapas conceituais e mapas mentais. - Orientações de que durante todo processo estejam estimulados a levantar hipóteses, observando cada detalhe da prática e respectivos efeitos observados, para que façam isso sempre levando em conta os seguintes aspectos: i. Tente explicar de que forma estas interações acontecem. ii. Pensando na composição dos matéria, levante hipóteses sobre os possíveis motivos e como as interações acontecem. E se é diferente para os diferentes materiais.. - Início do desenvolvimento das Práticas de 1 a 4: Prática 1. Eletrização de isolantes; Prática 2. Canudinho suspenso, pêndulo de torção; Prática 3. Filete de água; Prática 4. Bolinhas de Isopor;
Momento 1 - Aula 2.	- Continuação do desenvolvimento das Práticas de 1 a 4: Prática 1. Eletrização de isolantes; Prática 2. Canudinho suspenso, pêndulo de torção; Prática 3. Filete de água; Prática 4. Bolinhas de Isopor;
Momento 1. Aula 3	- Realização das Práticas de 5 a 8: Prática 5. Garrafa de Leyden; Prática 6. Eletroscópio de folhas; Prática 7. Garrafa de Leyden e eletróforo; Prática 8. Eletroscópio de folhas e eletróforo;

Momento1. Aula 4	- Apresentação de slides sobre eletrização e breve histórico sobre eletricidade.
-----------------------------------	--

Quadro 1: Organização da aplicação

(continuação)

Momento1. Aula 5.	- Síntese integradora momento 1. Assembleia 1;
Momento2. Aula 6.	- Realização da prática 9: Prática 9. Um diálogo sobre o funcionamento de uma balança;
Momento2. Aula 7.	- Realização da prática 10: Prática 10. Demonstrações da Lei de Coulomb com a balança eletrônica – Dependência do inverso do quadrado da distância;
Momento2. Aula 8.	- Realização da prática 11: Prática 11. Demonstrações da Lei de Coulomb com a balança eletrônica – Dependência com o produto das cargas;
Momento2. Aula 9.	- Síntese integradora momento 2. Assembleia 2;
Momento3. Aula 10.	- Realização da prática 12: Prática 12. O campo elétrico – Prática com o gerador de Van der Graaff;
Momento3. Aula 11.	- Apresentação de slides sobre interações elétricas, linhas de força e campo elétrico.
Momento3. Aula 12.	- Síntese integradora momento 3 Assembleia 3; - Fechamento e organização final da pasta;

A seguir temos os Quadros de 2 a 11 com os planos de aula utilizados em uma aplicação deste produto educacional.

Planos de Aulas 1, 2 e 3

Quadro 2: Plano da aula 1, 2 e 3

Eletrização	Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período.	
Tema: Carga elétrica, natureza da carga elétrica, processos de eletrização,	
Objetivos específicos: - Observar os fenômenos físicos que aparecem nos experimentos propostos; - Identificar nas práticas desenvolvidas propriedades elétricas; - Associar interações elétricas cotidianas com o conteúdo desenvolvido; - Conceituar carga elétrica; - Utilizar escrita e símbolos para relatar e fazer registros.	
Conteúdo: Prática 1. Eletrização de Isolantes; Prática 2. Canudinho suspenso, Pêndulo de torção; Prática 3. Interação canudinho com filete de água; Prática 4. eletrização de bolinhas de isopor em frasco; Prática 5: Garrafa de Leyden; Prática 6: Eletroscópio de folhas; Prática 7: Garrafa de Leyden e Eletróforo; Prática 8: Eletroscópio de folhas e eletróforo;	
Desenvolvimento do tema: - Montar equipes; - Orientações iniciais (Formas de registros/Fotos podem ajudar), Roteiros e registros por equipe e fazer pastas por equipes; - Orientar as equipes sobre as práticas que vão realizar seguindo os roteiros; -Fazer observações e tirar dados experimentais qualitativos com os aparatos para experimentação da forma orientada nos roteiros; - Fazer registros individuais, em equipe e em turma, relacionando os registros com propriedades, grandezas e conceitos envolvidos; - Fazer relações entre os próprios registros e dos colegas; - Formular hipóteses.	
Recursos didáticos: Práticas de 1 a 8 (materiais e roteiros), quadro, giz, retroprojektor, livros didáticos.	
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos erros)	

Bibliografia:

ASSIS, A. K. T. Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade. Montreal: Apeiron, 2010. ISBN: 9780986492617. Disponível em: <https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade.pdf>

HALLIDAY, David; **RESNICK**, Robert; **WALKER**, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 3

Plano de Aula 4

Quadro 3: Plano da aula 4

Eletrização	Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período	
Tema: Carga elétrica, natureza da carga elétrica, processos de eletrização, bons e maus condutores	
Objetivos específicos: - Relatar os fenômenos físicos e fazer relações; - Relacionar os efeitos gerados nos experimentos a propriedades elétricas; - Identificar nas atividades, por meio de observação de fatos e da análise de dados e registros, elementos relacionados a propriedades pertencentes a natureza dos materiais; - Utilizar escrita e símbolos para relatar e fazer as anotações; - Discutir a natureza das interações.	
Conteúdo: - Retomada das Práticas 1 a 8 realizadas nas Aulas 1 a 3 e discussão sobre história, experimentos e conceitos físicos relacionados a eletrização e carga elétrica.	
Desenvolvimento do tema: Apresentação por meio de slides e discussão mediada pelo professor sobre a eletrização, mais especificamente, como a física se constrói, evoluiu e evolui lançando mão de novas teorias formuladas, norteados pelos fenômenos de eletrização. Para tanto, sempre usando os registros das aulas anteriores, e promover a discussão e análise dos comportamentos das cargas elétricas e suas relações entre si, e, a partir desta aula fazer uma revisão e atualizar os registros.	
Recursos didáticos: Experimentos, quadro, giz, retroprojektor e fontes livros didáticos.	
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos e erros)	
Bibliografia: ASSIS, A. K. T. Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade. Montreal: Apeiron, 2010. ISBN: 9780986492617. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade.pdf HALLIDAY , David; RESNICK , Robert; WALKER , Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 3	

Plano de Aula 5

Quadro 4: Plano da Aula 5

Assembleia Momento 1 Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período
Tema: Carga elétrica; natureza da carga elétrica, processos de eletrização, bons e maus condutores
Objetivos específicos: - Analisar dados; - Relacionar os efeitos gerados nos experimentos com propriedades elétricas; - Associar interações elétricas cotidianas com o conteúdo desenvolvido; - Discutir a existência cargas elétricas positivas e negativas, atração e repulsão; - Utilizar escrita e símbolos para relatar e fazer as anotações - Construir modelos comuns para elementos relacionados com propriedades pertencentes a natureza da carga elétrica.
Conteúdo: História, experimentos e conceitos sobre eletrização e carga elétrica
Desenvolvimento do tema: - Finalização e organização dos registros em equipe com discussão em e Assembleia; - Fazer registros também durante a assembleia; - Usar os registros das aulas anteriores - Fazer relações entre os próprios registros e dos colegas. - Formular hipóteses. - Responder as hipóteses levantadas; - Discutir sobre a eletrização, mais especificamente, como a física se constrói, evoluiu e evolui lançando mão de novas teorias formuladas, que descrevem comportamentos de eletrização; - Finalizar e organização dos registros em equipe
Recursos didáticos: Práticas de 1 a 8(materiais e roteiros), quadro, giz, livros didáticos
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos e erros)

Bibliografia:

ASSIS, A. K. T. Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade. Montreal: Apeiron, 2010. ISBN: 9780986492617. Disponível em: <https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade.pdf>

HALLIDAY, David; **RESNICK**, Robert; **WALKER**, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 3

Plano de Aula 6

Quadro 5: Plano da aula 6

Prévia momento 2: Dialogo sobre o funcionamento de uma balança. Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período.
Tema: Balança.
Objetivos específicos: - Relacionar aplicação de força quaisquer e a força gravitacional; - Utilizar balança para medir massas; - Utilizar balança para medir força; - Entender o funcionamento de uma balança; - Discutir as interações presentes; - Tirar tara dos objetos sobre a balança; - Relacionar aplicação de força quaisquer e a força gravitacional
Conteúdo: - Princípios Básicos sobre uma balança, seu funcionamento e seu uso
Desenvolvimento do tema: - Dialogar sobre o funcionamento de uma balança; - Fazer observações e tirar dados experimentais qualitativos com os aparatos para experimentação, da forma orientada nos roteiros; - Fazer registros individuais, em equipe e em turma, relacionando os registros com propriedades, grandezas e conceitos envolvidos; - Fazer relações entre os próprios registros e dos colegas; - Formular hipóteses.
Recursos didáticos: Práticas 9 (materiais e roteiros), quadro, giz, fontes livros didáticos
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos e erros)
Bibliografia: ASSIS, A. K. T. Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade. Montreal: Apeiron, 2010. ISBN: 9780986492617. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade.pdf HALLIDAY , David; RESNICK , Robert; WALKER , Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 3

Plano de Aula 7

Quadro 6: Plano da 7

Demonstrações da Lei de Coulomb com a balança eletrônica – Dependência do inverso do quadrado da distância; Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período.
Tema: Interações elétricas – lei de Coulomb
Objetivos específicos: - Observar os fenômenos físicos que aparecem nos experimentos propostos; - Identificar nas práticas desenvolvidas propriedades elétricas; - Associar interações elétricas cotidianas com o conteúdo desenvolvido; - Conceituar força elétrica como dependente do inverso do quadrado da distância; - Utilizar escrita e símbolos para relatar e fazer registros
Conteúdo: Função inversamente proporcional ao quadrado da distância e a Lei de Coulomb
Desenvolvimento do tema: -Fazer observações e tirar dados experimentais qualitativos com os aparatos para experimentação, da forma orientada nos roteiros; - Fazer registros individuais, em equipe e em turma, relacionando os registros com propriedades, grandezas e conceitos envolvidos; - Fazer relações entre os próprios registros e dos colegas; - Formular hipóteses.
Recursos didáticos: Prática 10 (materiais e roteiros), quadro, giz e livros didáticos.
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos e erros)
Bibliografia: CORTEL, Adolf. Demonstrations of Coulombs Law with an Eletronic Balance. THE PHYSICS THEACHER. Barcelona Espanha, Vol. 37. p.447-448, Oct. 1999. HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 1

Plano de Aula 8

Quadro 7: Plano da aula 8

Demonstrações da Lei de Coulomb com a balança eletrônica – Dependência com o produto das cargas.	Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período.	
Tema: Interações elétricas – lei de Coulomb	
Objetivos específicos: - Observar os fenômenos físicos que aparecem nos experimentos propostos; - Identificar nas práticas desenvolvidas propriedades elétricas; - Associar interações elétricas cotidianas com o conteúdo desenvolvido; - Conceituar força elétrica como dependente do produto das cargas envolvidas; - Utilizar escrita e símbolos para relatar e fazer registros	
Conteúdo: Produto das cargas envolvidas e a Lei de Coulomb	
Desenvolvimento do tema: - Fazer observações e tirar dados experimentais qualitativos com os aparatos para experimentação, da forma orientada nos roteiros; - Fazer registros individuais, em equipe e em turma, relacionando os registros com propriedades, grandezas e conceitos envolvidos; - Fazer relações entre os próprios registros e dos colegas; - Formular hipóteses.	
Recursos didáticos: Balança, quadro, giz e fontes livros didáticos	
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos e erros)	
Bibliografia: CORTEL, Adolf. Demonstrations of Coulombs Law with an Eletronic Balance. THE PHYSICS THEACHER. Barcelona Espanha, Vol. 37. p.447-448, Oct. 1999. HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 1	

Plano da Aula 9

Quadro 8: Plano da aula 9

Assembleia	Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período.	
Tema: A Lei de Coulomb.	
Objetivos específicos: - Construir modelos comuns para elementos relacionados com propriedades pertencentes a natureza da força elétrica – lei de Coulomb; - Analisar dados; - Relacionar os efeitos gerados nos experimentos a propriedades elétricas- Associar interações elétricas cotidianas com o conteúdo desenvolvido; - Discutir a existência cargas elétricas positivas e negativas, atração e repulsão; - Utilizar escrita e símbolos para relatar e fazer as anotações;	
Conteúdo: História, experimentos e conceitos sobre eletrização, carga elétrica e força elétrica	
Desenvolvimento do tema: - Fazer registros também durante a assembleia; - Usar os registros das aulas anteriores - Fazer relações entre os próprios registros e dos colegas. - Formular hipóteses. - Responder as hipóteses levantadas; - Discutir sobre a força elétrica, mais especificamente, como a física se constrói, evoluiu e evolui lançando mão de novas teorias formuladas, que descrevem comportamentos em relação a força elétrica; - Finalizar e organização dos registros em equipe	
Recursos didáticos: Roteiro, quadro, giz, livros didáticos	
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos e erros)	

Bibliografia:

CORTEL, Adolf. Demonstrations of Coulombs Law with an Eletronic Balance. THE PHYSICS THEACHER. Barcelona Espanha, Vol. 37. p.447-448, Oct. 1999.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 1

Plano da Aula 10

Quadro 9: Plano da aula 10

O Campo Elétrico, prática com o Gerador de Van der Graff. Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período.
Tema: Campo elétrico
Objetivos específicos: Objetivo geral - Construir modelos comuns para elementos relacionados com propriedades pertencentes a natureza do campo elétrico e linhas de campo elétrico. Objetivos específicos: - Relacionar os efeitos gerados nos experimentos a propriedades elétricas - Associar interações elétricas cotidianas com o conteúdo desenvolvido - Discutir a existência cargas elétricas positivas e negativas, atração e repulsão. - Utilizar escrita e símbolos para relatar e fazer as anotações
Conteúdo: Roteiro Prática 12: Vetor campo elétrico, campo elétrico de uma carga pontual, linhas de campo. Campo elétrico e linhas de campo elétrico
Desenvolvimento do tema: - Fazer observações e tirar dados experimentais qualitativos com os aparatos para experimentação, da forma orientada nos roteiros; - Fazer registros individuais, em equipe e em turma, relacionando os registros com propriedades, grandezas e conceitos envolvidos; - Fazer relações entre os próprios registros e dos colegas; - Formular hipóteses
Recursos didáticos: Prática 12 (materiais e roteiros), quadro, giz e livros didáticos
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos e erros)
Bibliografia: HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 1

Plano da Aula 11

Quadro 10: Plano da aula 11

Aula expositiva: O Campo Elétrico, prática com o gerador.	Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período	
Tema: Campo elétrico e linhas de campo de elétrico	
Objetivos específicos: Objetivo geral - Observar os fenômenos físicos que aparecem nos experimentos propostos; - Identificar nas práticas desenvolvidas propriedades elétricas; - Associar interações elétricas cotidianas com o conteúdo desenvolvido; - Conceituar campo elétrico; - Conceituar linhas de campo elétrico; - Utilizar escrita e símbolos para relatar e fazer registros.	
Conteúdo: Campo elétrico e linhas de campo elétrico	
Desenvolvimento do tema: Apresentação por meio de slides e discussão mediada pelo professor sobre o campo elétrico, mais especificamente, como a física se constrói, evoluiu e evolui lançando mão de novas teorias formuladas. Para tanto, sempre usando os registros das aulas anteriores, e promover a discussão e análise dos comportamentos das cargas elétricas e suas relações entre si, e, a partir desta aula fazer uma revisão e atualizar os registros.	
Recursos didáticos: Retroprojeto, roteiro, quadro, giz e livros didáticos	
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos e erros)	
Bibliografia: HALLIDAY , David; RESNICK , Robert; WALKER , Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 1	

Plano de aula- Aula 12

Quadro 11: Plano da aula 12

Assembleia	Data:
Dados de Identificação: Escola, Professor, Disciplina, Série, Turma e período.	
Tema: Assembleia (Síntese integradora), Campo elétrico	
Objetivos específicos: - Construir modelos comuns para elementos relacionados com propriedades do Campo Elétrico - Analisar dados - Relacionar os efeitos gerados nos experimentos a propriedades elétricas - Associar interações elétricas cotidianas com o conteúdo desenvolvido -Discutir a existência do campo elétrico como grandeza física. -Utilizar escrita e símbolos para relatar e fazer as anotações	
Conteúdo: História, experimentos e conceitos sobre campo elétrico de uma carga pontual, de corpos eletrizados e linhas de campo.	
Desenvolvimento do tema: Finalização e organização dos registros em equipe e Assembleia, Fazer registros também durante a Assembleia. Discussão sobre o campo elétrico. Usando os registros das aulas anteriores discutir e analisar. E a partir disso fazer novos registros. - Relacionar os registros com propriedades, grandezas e conceitos envolvidos. - Fazer registros. - Fazer relações entre os próprios registros e dos colegas. - Formular hipóteses. - Responder as hipóteses levantadas; - Finalização e organização dos registros em equipe.	
Avaliação: Qualitativa (ações individuais, ações em equipe, análise do resultado em equipe, e participação da assembleia ao final do Momento). Quantitativa (análise dos registros feitos de forma individual e em equipe). Formativa (durante todo o processo, e levando em conta acertos e erros)	
Bibliografia: HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012 vol 1	

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE ELETRIZAÇÃO, FORÇA ELÉTRICA e CAMPO ELÉTRICO¹

Estamos cercados de fenômenos naturais e produzidos pela mão humana que dependem da física do eletromagnetismo, que é uma combinação de efeitos elétricos e magnéticos.

No presente capítulo, que tem o objetivo de apresentar conceitos físicos relacionados ao referido produto educacional, vamos nos ater aos conceitos relacionados com carga elétrica vinculando aos processos de eletrização, comportamento das cargas elétricas e interação elétrica, força elétrica e campo elétrico. A fim de que possamos assim trabalhar conhecimentos que nos permitam entender fenômenos que nos cercam e, que também, podem ser subsunções (MOREIRA, 2012) para aprendizagem de conceitos futuramente, dentro e fora de sala de aula.

3.1 ELETRIZAÇÃO

Suponhamos que uma barra de plástico, como um canudinho ou uma caneta, seja friccionado com um papel ou com uma pele, e que a partir disto, gere efeitos de interação. Se usarmos duas barras eletrizadas, uma suspensa por um fio como um pêndulo de torção, podemos inclusive notar efeitos de atração e repulsão, o mesmo pode ser notado se utilizarmos barras de vidro e seda (TIPLER; MOSCA, 2009). É mais comum observarmos efeitos como atrair pequenos papéis utilizando uma caneta ou algum outro objeto que foi eletrizado passando-o no cabelo. É bastante comum que pessoas tenham observado ou realizado alguma experiência dessa natureza em algum momento de sua vida. E foi algo parecido que deu ponta pé inicial a ciência da eletricidade, e são fenômenos como estes que vamos explorar, conceituando e buscando relações com a história.

¹ Os aspectos teóricos abordados neste Capítulo foram reproduzidos integralmente no Capítulo 3 da dissertação

Os registros mais antigos sobre a física do eletromagnetismo estão relacionados com filósofos da Grécia Antiga, de onde temos, por exemplo, relatos da eletrização do âmbar ao ser atritado e, também, atração entre um tipo de pedra, imã natural, e objetos de ferro. A eletricidade e o magnetismo evoluíram de forma independentes por muitos séculos até 1820, quando Hans Christian Oersted descobriu que uma bússola pode sofrer mudança de direção por uma corrente elétrica próxima e surge a nova ciência do eletromagnetismo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

Aproximadamente 2400 anos atrás, Platão em seu diálogo Timeu, fez menção ao também conhecido como efeito âmbar. Mesmo não citando quem o descobriu, apresenta o fato como se fosse conhecido de seus leitores, o que nos leva a pensar que este experimento havia sido realizado antes. Evidências deste fato estão em registros do biógrafo dos filósofos gregos que viveu por volta do séc. III, chamado Diógenes Laércio, que coloca Tales de Mileto como o executor do famoso experimento. Vale lembrar que Tales de Mileto viveu entre de 625 a 546 a.C. aproximadamente, isto é, anterior a Platão, e que esse o considerou um dos sete sábios da antiga Grécia em seu diálogo Protágoras (Assis, 2010) (Assis, 2018).

Nos livros didáticos, então, é comum atribuir como primeiro registro histórico de experimento de eletrização por atrito a Tales de Mileto. E tal experimento trata do atrito do âmbar, uma resina fóssil, com outros materiais, assim, essa resina assume uma propriedade e é capaz de atrair outros objetos. Na Figura 1, temos uma ilustração de um canudo, após eletrizado por atrito com guardanapo, atraindo pequenas bolinhas de isopor, fenômeno similar ao histórico efeito âmbar. A partir desse, podemos relacionar com situações cotidianas atuais, discutindo sobre o que é a eletrização e como ocorre.

Figura 1 – Canudinho plástico, eletrizado por atrito, atraindo isopor.



fonte: O autor

Muitos dos termos que utilizamos hoje têm origens na palavra *eléktron*, do grego âmbar. Em 1820, Oersted utilizou os equivalentes aos termos eletromagnetismo e eletromagnético e Ampère em 1822 os equivalentes a eletrostático e eletrodinâmico (Assis,2010).

Originalmente, a palavra eletricidade era utilizada para materiais que assumiam a propriedade de atrair objetos como o âmbar ao serem atritadas, Figura 1-. O inglês William Gilbert (1544-1603), cita o *elétron* ou âmbar em seu livro de 1600, destacando a capacidade dele quando atritado, logo, ser capaz de atrair vários objetos e também a água, como haviam registrados os gregos. Para Gilbert, as exceções de atração do âmbar eram apenas o ar e o fogo. Atualmente, classificamos os materiais em condutores e os que não são condutores como isolantes ou dielétricos.

É importante também que citemos que em meados do séc. XVII, não existia o conceito atual de átomo ou partículas atômicas, então, era comum olhar para eletrização como objeto adquirindo uma espécie de fluido. Dessa forma, acreditava-se que o âmbar atritado emitiria um eflúvio, material grudento elástico que causaria a atração dos corpos leves. Ideia que pode ser compartilhada de forma similar por alguns de nossos alunos, principalmente durante a execução

dos primeiros experimentos propostos no produto educacional deste trabalho. O que pode fazer parte para alguns da construção do conhecimento (Assis,2010).

Marco importante foi a descoberta da repulsão em si reconhecida como fenômeno procedente de interações elétricas, que veio à tona com os trabalhos de Charles François e Cisternay Du Fay em 1733 e 1734 (Assis,2010).

Devemos a Du Fay o reconhecimento de que objetos se atraem até se tocarem, tocando-se compartilham “algo”, e tendo compartilhado, em seguida, como se portassem a mesma coisa, se repelem. Foi Du Fay que pela primeira vez propôs a existência de dois tipos de eletricidade, o que chamou de Eletricidade Vítreas e Eletricidade Resinosa, os denominou assim pelo tipo de material (Assis,2010).

Hoje, conhecemos como cargas positivas e cargas negativas. A repulsão por materiais com mesmo tipo de carga, e atração por materiais com tipos diferentes de carga. Tratamos tal efeito como interação elétrica.

A carga é uma propriedade intrínseca das partículas que compõem a matéria e apesar de ser intuitivo sugerir que a carga é uma substância, até pela forma como nos referimos a ela, ela é composta de unidades elementares de carga, sendo assim quantizada, logo só podemos encontrar cargas múltiplas inteiras do valor $1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ e esta quantidade de carga elétrica elementar pode ser ou é frequentemente indicada apenas por e . Além disso, a carga não pode ser criada nem destruída. Ela pode se deslocar em determinadas situações, mas a carga total de um sistema isolado permanece sempre a mesma, o que é conhecido como lei da conservação da carga (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012) Destacamos ainda que:

Na verdade, todos os corpos contêm muitas cargas elétricas. A **carga elétrica** é uma propriedade intrínseca das partículas fundamentais de que é feita a matéria; em outras palavras, é uma propriedade associada à própria existência das partículas (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2012, p. 01).

Então, sendo possível que corpos recebam ou doem cargas elétricas, por vezes, isso pode ser visualizado na forma de fagulhas elétricas. Fagulhas,

que em certas situações, podem ser fonte de ignição em atmosferas explosivas ou capazes de incendiar materiais inflamáveis. Esse fenômeno revela a existência das cargas elétricas.

Quando o ar está seco, é possível produzir fagulhas esfregando os pés em um tapete e aproximando a mão de uma maçaneta, de uma torneira ou mesmo de uma pessoa. Também podem surgir centelhas quando você despe um suéter ou remove as roupas de uma secadora. As centelhas e a "atração eletrostática" (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2012, p. 01).

A título de exemplificação do mencionado anteriormente, citamos uma simulação interativas chamada John Travoltagem (PHET, 2018), talvez um pouco exagerada, onde um avatar do ator norte-americano John Joseph Travolta, ao atritar seu sapato com o material do tapete acaba eletrizando todo seu corpo, e ao tocar a maçaneta da porta, ele acaba produzindo fagulhas de natureza elétricas. Na figura 2, apresentamos uma ilustração da simulação.

Figura 2 – Ilustração da simulação do Phet – John Travoltagem.



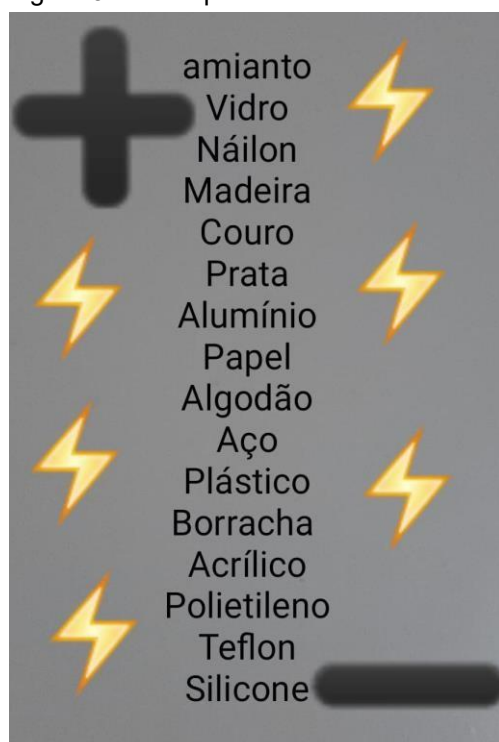
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/john-travoltage Acesso: dez/2018

Tendo em vista de que existem em grande quantidade e em toda matéria e, é normal que a dúvida sobre o motivo pelo qual só em situações específicas possamos observar as cargas elétricas. Quando um corpo tem mesmo número de cargas positivas, prótons, e cargas negativas, elétrons bem distribuídas, dizemos que ele está neutro, ou seja, a soma total de suas cargas resulta em

zero, e os efeitos elétricos espontâneos são dificilmente observáveis. Porém, quando os dois tipos de cargas elétricas se apresentam em quantidades distintas, dizemos que o corpo está eletrizado. É comum se pensar que um corpo eletrizado positivamente recebeu cargas positivas, porém, isso não deve ser verdade. Para entender bem tal questão, é necessário conhecer conceitos sobre as forças fundamentais da natureza e sobre como as partículas estão distribuídas na estrutura dos átomos e moléculas.

Ao atritarmos os materiais, podemos obter dois diferentes tipos de carga, neste processo, cada corpo tem tendência de assumir certa carga elétrica: positiva ou negativa. Chamamos a organização em relação a ordem dos materiais com maior tendência de ficar negativos ou positivos de série triboelétrica. Apresentamos um exemplo desta série na Figura 3, porém, vale ressaltar que há outros mais completos, (TIPLER; MOSCA, 2004), (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012), Assis (2010), Assis (2018) e Saad et al. (2020).

Figura 3 – Exemplo de séries triboelétrica.



fonte: O autor

Experimentalmente podemos verificar que existem processos em que a interação entre as cargas elétricas presentes nas substâncias, ao interagirem entre si, acarretam propriedades físicas e químicas da matéria. Quando temos um número diferente de cargas positivas e negativas em um corpo, ou em uma região de um corpo, o corpo apresenta efeito de interação elétrica.

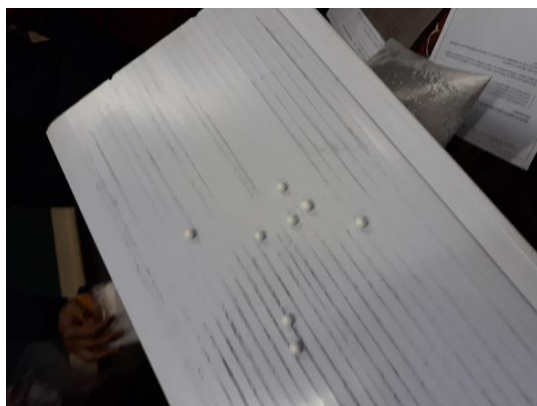
A mesma situação exemplificada anteriormente onde citamos uma simulação interativas chamada John Travoltagem (PHET, 2018) arremete, de forma exagerada, a pensarmos que existem diversas situações cotidianas em que ficamos sujeitos a processos que envolvem interação entre as cargas e propriedades dos materiais. Dentre os vários exemplos, podemos citar o fenômeno que ocorre quando usamos uma blusa de lã e o atrito gera acúmulo de cargas, e quando tiramos a blusa os pelos do corpo se arrepiam, as vezes ouvirmos estalos ou vemos minúsculas fagulhas. Os três tipos de eletrização são atrito, contato e indução. Nos experimentos propostos a serem desenvolvidos podemos explorar e entender cada uma.

3.1.1 ELETRIZAÇÃO POR ATRITO

Ao esfregarmos um canudo em guardanapo de papel, ou, uma placa de PVC em lã, experimentalmente podemos verificar efeitos de interação elétrica geradas pelas cargas elétricas agora presentes no objeto eletrizado. A placa de PVC, Figura 4, não está neutra, pois passou por um processo de eletrização por atrito, ao ser friccionada, recebeu elétrons do lã, ficando com carga total negativa, de acordo com a série triboelétrica, Figura 3.

Se compararmos duas situações, uma em que a placa passou pelo processo de eletrização por atrito e outra não, notamos que o canudo muda seu estado, gerando interação elétrica com o isopor.

Figura 4 – PVC eletrizado por atrito atraindo Isopor



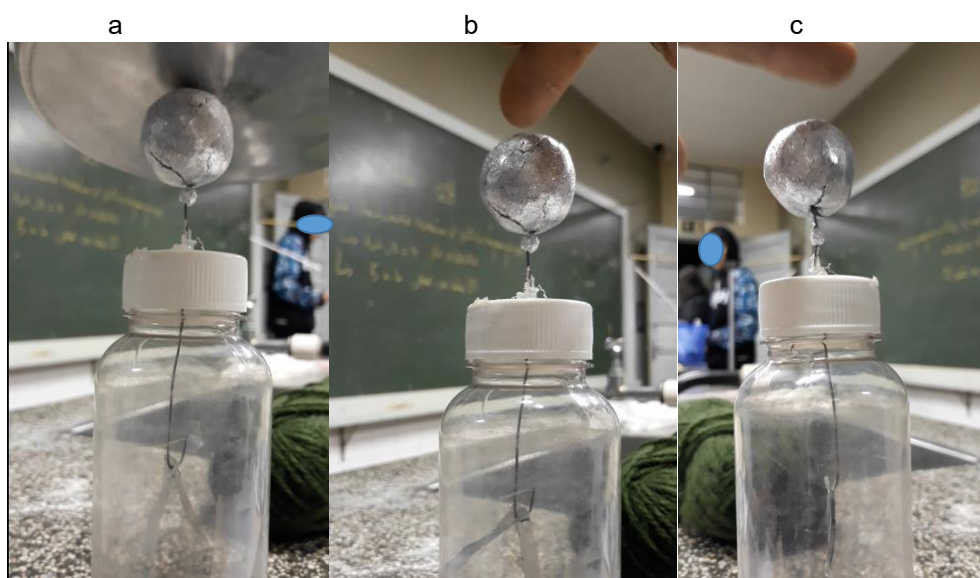
Fonte: O autor

3.1.2 ELETRIZAÇÃO POR CONTATO

Em alguns casos podemos eletrizar objetos, transferir cargas, colocando-os apenas em contato entre si, fenômeno bem comum nos metais.

Tendo em mãos um aparato chamado eletroscópio de folhas, podemos demonstrar que cargas podem ser transferidas por contato de um objeto carregado, para outro, como na Figura 5.

Figura 5 – sequencia eletrização e descarga por contato – eletroscópio de folhas.



fonte: O autor

Neste caso, ao encostar o disco metálico eletrizado, denominado eletróforo, na esfera de metal do eletroscópio de folhas, ele transfere cargas elétricas pelo contato, Figura 5a. As cargas se distribuem pelo metal, chegando até as folhas de metal, que se repelem entre si, por estarem eletrizadas com mesmo de forma igual.

Ao efetuar o contato do dedo sobre a esfera, Figura 5b, o corpo humano pode receber as cargas do eletroscópio eletrizado, fazendo com que ele fique neutro novamente e as folhas deixem de se repelir entre si, Figura 5c.

3.1.3 ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO

Considerando a Figura 5, e que, ao invés de efetuar o contato do eletróforo com a esfera do eletroscópio (figura 5a), apenas os aproximamos. O que ocorre é que o eletróforo, por estar eletrizado de forma negativa, repele os elétrons da esfera do eletroscópio para as folhas, que ficam eletrizadas negativamente e se afastam.

Suponhamos que efetuamos o contato das folhas com o dedo durante este processo, como anteriormente citado, o corpo humano pode receber as cargas do eletroscópio eletrizado (neste caso por indução). Tirando o dedo do contato, a esfera do eletroscópio ficou com falta de elétrons (positiva), em seguida afastamos o eletróforo e todo o eletroscópio fica carregado de forma positiva.

Neste tipo de processo induzimos as cargas a saírem do objeto (eletroscópio) pelo aterramento (dedo humano) apenas aproximando um corpo eletrizado (eletróforo), efetuamos eletrização por indução.

3.2 INTERAÇÃO - FORÇA ELÉTRICA, CONCEITO A PARTIR DE UMA PERSPECTIVA EXPERIMENTAL

A partir do artigo de Cortel (1999) montamos uma adaptação, o qual foi peça chave na estruturação do material educacional, mais precisamente para

Momento 2, pois conduziu a modelagem da equação para forças em interações de natureza elétrica, conhecida como Lei de Coulomb. Além disso, explorarmos mais uma forma da existência da carga elétrica experimentalmente com a observação das fagulhas. Assim, possibilitando verificar que carga elétrica e intensidade da interação elétrica como grandezas físicas mensuráveis, e força como ponte entre o estudo das cargas elétricas e do campo elétrico.

3.2.1 A BALANÇA

Nesta proposta, usamos uma balança como instrumento para verificar a interação elétrica entre corpos carregados. Por isso, passamos a explorar o funcionamento da balança e como ela foi usada para esse fim.

As balanças são dispositivos utilizados para medir a massa de um corpo por meio da força gravitacional exercida sobre elas, logo, são instrumentos de medida, um dos mais antigos. Existem diversos tipos de balanças, possuindo diversas utilidades, mensurando desde pequenas massas até massas enormes, vamos focar em uma forma mais específica, a de mesa, como a que está ilustrada na Figura 6.

Figura 6 – Balança eletrônica de mesa



fonte: O autor

Ao aplicar pressão sobre a balança com o dedo. Podemos nos perguntar o que está ocorrendo, uma das conclusões possíveis é que a balança mede a

força aplicada sobre ela com o dedo, e nos dá a intensidade desta força em unidades de massa, quilogramas (kg) por exemplo. Neste momento podemos nos perguntar, mas como assim, força em unidade de massa? Sei que esta colocação pode soar confusa, então para que possamos entender melhor pensemos sobre este processo, sobre o fenômeno físico que ocorre. Para isto, temos que definir força e massa e determinar qual a relação entre estas duas grandezas físicas distintas. Começemos pensando sobre os termos que utilizamos e o que significam.

Muitas palavras são usadas em física, e todas elas têm o significado muito preciso, apesar de não terem tal significado preciso na linguagem diária. [...] Se exercemos um certo empurrão com nossos braços em um objeto que é leve, ele se move facilmente; se empurrarmos na mesma quantidade um outro objeto que é mais pesado no senso comum, então ele se move muito menos rápido. Na verdade, devemos mudar as palavras de “leve” e “pesado” para *menos massivo* e *mais massivo*, respectivamente, (Feynman, 2008, cap 9 -1)

No trecho apresentado anteriormente, Feynman coloca que existe diferença entre o peso e a inércia, aqui na superfície da Terra, geralmente o valor do “peso” e da “dificuldade de colocar objetos em movimento” podem ter valores proporcionais, e ambos são força. Porém, podemos imaginar que em uma região em que a atração gravitacional fosse diferente da que temos na Terra, o peso de um corpo pode ser diferente do que temos aqui, mas a força para mudar a quantidade de movimento, inércia da primeira lei de Newton, seria a mesma. (Feynman, 2008)

Mesmo que ambas as forças sejam diretamente proporcionais a massa, a relação é diferente, vamos nos ater na relação para o peso, pois é este que nos permite entender o funcionamento de uma balança de bancada.

Se utilizássemos a mesma balança para medir a massa na Lua, onde a força de atração gravitacional é cerca de 1/6 da força de atração terrestre, não obteríamos o mesmo valor no visor, que aqui no nosso planeta. Portanto, a balança em questão é um aparelho que só indicará o valor correto da massa de objetos em seu visor, nas condições de atrações gravitacionais iguais a superfície do nosso planeta. A massa, que é uma propriedade do corpo, pode

ser medida na Lua sim, e indicando o valor correto no visor, se utilizássemos uma balança específica que considere a grandeza física aceleração gravitacional $g=1,67 \text{ m/s}^2$ ao invés de $9,80 \text{ m/s}^2$ como a que utilizamos aqui na Terra. É importante notar que a massa não muda quando um corpo vai de um lugar até outro, apenas devemos utilizar uma forma adequada de medi-la (FEYNMAN, 2008).

Como a balança indica a massa, levando em conta que existe uma relação entre a massa e a força, podemos utilizar a balança para medir força aplicada sobre ela, pois se com um mesmo objeto temos valores diferentes no visor da balança, indica que a força que o objeto exerce sobre a balança mudou por algum outro motivo que não seja mudança da massa, ficou confuso? Vamos discutir mais sobre o assunto.

Precisamos saber e esclarecer a relação entre as grandezas massa e força. Pensemos assim: A balança mede a força, e converte esta força para massa para casos específicos de atração gravitacional iguais aos da superfície terrestre. O cálculo realizado pela balança e que podemos fazer para estipular a força sobre os elementos: prato mais dispositivo de compressão, que iremos considerar aqui como balança, é:

$$P = m g. \quad (1)$$

Onde:

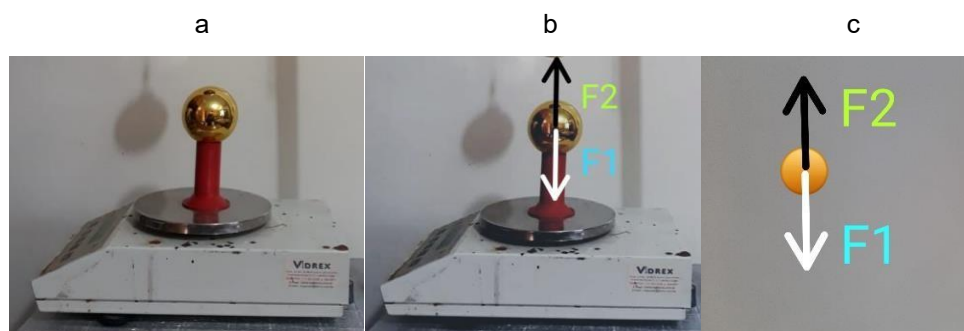
P é módulo do peso do objeto, e por ser uma grandeza vetorial, tem direção vertical e sentido para baixo, dado em N; m é a massa do objeto, grandeza escalar, dada em Kg; g é o módulo da aceleração da gravidade, e por ser uma grandeza vetorial, tem direção vertical e sentido para baixo, seu valor é de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$, aqui na Terra. Valor que citamos no texto como utilizado pelas balanças aqui na Terra (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

Podemos expressar as forças envolvidas em um corpo por meio de uma figura que de forma simples nos auxilia a compreensão de um sistema físico. Um diagrama de força, que é mostrado na Figura 7, é um esquema onde representamos todas as forças atuantes sobre um corpo, levando em consideração o módulo, direção e sentido.

Para desenhar um diagrama de forças, devemos primeiramente identificar o objeto que será representado e todas as forças que atuantes sobre ele. Em seguida, representamos o objeto por meio de um ponto e cada uma das forças por setas, que são os vetores. Devemos ainda indicar o que cada item presente na figura corresponde.

Na Figura 7a podemos ver a foto de um experimento realizado em sala de aula, onde um conjunto, esfera com um suporte, está sobre uma balança, em seguida a mesma foto, Figura 7b, com os vetores que representam as forças que atuam no conjunto, e podemos representar as forças atuantes no conjunto por meio de um diagrama de forças, Figura 7c.

Figura 7 – Esfera e suporte sobre a balança eletrônica e representação



fonte: O autor

A partir da Figura 7, consideremos os elementos da balança, prato mais dispositivo de compressão, e vamos supor que colocamos um corpo sobre o prato. Nesta situação, após o equilíbrio, a força resultante sobre o conjunto é igual a zero, ou seja, o módulo do peso do conjunto, que é a força de compressão sobre dispositivo de compressão, dado por F_1 , e o módulo da força de restauradora, dado por F_2 , são iguais. Temos então que a relação matemática entre os módulos da força de restauradora F_2 e a força de compressão F_1 é dada por $F_1 = F_2$, onde F_1 é dado pela Equação 1.

Ao usarmos o termo força de compressão, é na acepção de que, consideramos que a balança é um mecanismo transformador de energia potencial acumulada pela força de compressão sobre ela, em um valor referente no visor. Grosso modo, vamos propor que o mecanismo interno é uma espécie de mola, então podemos pensar na energia potencial elástica como sendo a

energia acumulada sobre a balança, pelas relações $F = k \cdot x$ e $E = \frac{1}{2} k \cdot x^2$, onde F é o módulo da força restauradora, k um valor constante relacionado ao mecanismo da balança, E a energia potencial acumulada e x é um “deslocamento do prato” na mesma direção e sentido da força, quanto maior a força de compressão, maior o deslocamento x , ou, quanto maior a força de compressão, maior a energia potencial acumulada, que reflete de forma proporcional no valor mostrado no visor da balança.

É importante que ao utilizar a balança não esqueçamos o conceito tara. Tara é desconsiderar; ou medir a partir de; parte da força que é exercida sobre a balança. Então, para medir certa força sobre a balança, consideramos a força exercida sobre a balança existente, antes de aferir a força que se pretende aferir, igual a zero. Por exemplo: O bufê de restaurante, tira a tara de prato. Logo, a massa mostrada no visor da balança é só a da refeição, pois a massa do prato é desconsiderada pela própria balança, a qual mostra massa zero quando há somente o prato. Isso é um procedimento chamado de programar, ou, tirar a tara da balança.

Mas, você deve estar se perguntando o porquê estamos tratando do conceito do funcionamento de uma balança. O motivo é que podemos determinar a intensidade da força elétrica a partir da força gravitacional realizando um experimento conforme apresentaremos na sequência.

3.2.2 DEMONSTRAÇÕES DA LEI DE COULOMB COM BALANÇA ELETRÔNICA

Vamos supor que você disponha de uma balança eletrônica e queira medir a interação entre cargas elétricas, ou seja, o módulo da força elétrica entre as cargas. Consideremos o aparato da Figura 9, onde há o conjunto, composto por uma esfera metalizada sobre suporte de PVC e a balança devidamente tarada, temos um outro suporte onde há outra esfera metalizada suspensa por um fio que é variável, as duas esferas estão carregadas pelo mesmo processo de eletrização, ou seja, com cargas de mesmo sinal, para garantir isto, utilizamos as informações da série triboelétrica, Figura 3. Assumamos que a esfera

metalizada sobre suporte de PVC e o prato da balança tem carga elétrica Q_1 e a esfera metalizada suspensa tem carga elétrica Q_2 , e que ambas podem ser consideradas como puntiformes.

Também é necessário entender que precisamos nos valer de dois teoremas importantes porque todos os nossos procedimentos descritos anteriormente são em condições ideais nas quais os teoremas podem ser admitidos.

Uma casca com uma distribuição uniforme de cargas atrai ou repele uma partícula carregada situada do lado de fora da casca como se toda a carga estivesse no centro da casca.

Se uma partícula carregada está situada no interior de uma casca com distribuição uniforme de cargas, a casca não exerce nenhuma força eletrostática sobre a partícula. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009)

Iniciamos o processo, fazendo com que a esfera de cima se aproxime da esfera de baixo. E à medida que a esfera de cima for aproximada da esfera de baixo, o visor da balança irá fornecer um valor em unidades de massa e que foi calibrada de acordo com o campo gravitacional da Terra e que, como vimos, para encontrar seu valor em unidades de força, devemos multiplicá-la por $9,8 \text{ m/s}^2$.

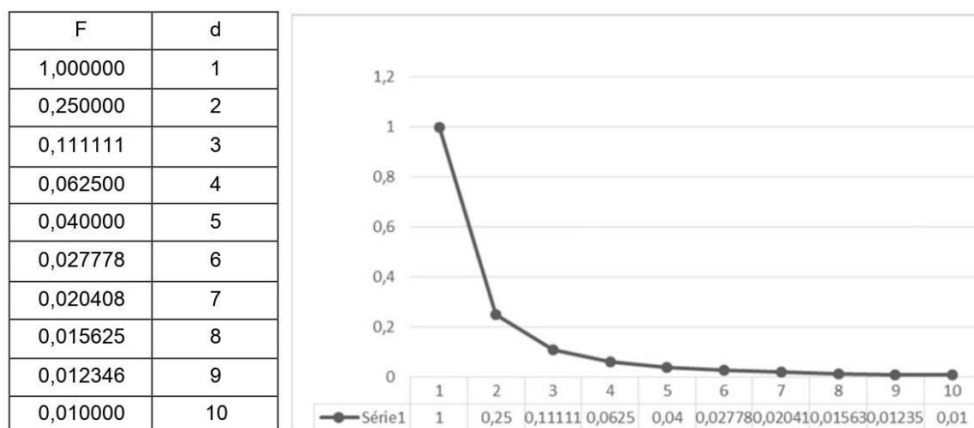
Nesse caso, como o vetor força elétrica na esfera inferior tem a mesma direção e o mesmo sentido de F_1 , pois as forças envolvidas são de repulsão, conforme apresentamos na Figura 7. Nesse caso consideramos a força elétrica como uma força de compressão, e partir de agora denotaremos o seu módulo como F .

O visor da balança nos dá um valor, em unidades de massa e como queremos saber a força atuante, ou seja, o vetor soma resultante da aplicação das forças que agem sobre a esfera, devemos determiná-la usando a segunda lei de Newton aplicada a força peso, como vimos anteriormente quando discutimos o funcionamento de uma balança. Podemos admitir $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ para aceleração gravitacional.

Desta forma, à medida que a distância, d , entre as esferas diminui, notamos que o módulo da força elétrica, F , aumenta. Se utilizarmos os dados para traçarmos um gráfico do módulo da força por distância, F por d .

Percebemos que ele fornece uma curva, ou mais especificamente, uma hipérbole e podemos relacioná-lo com a seguinte expressão: $\frac{1}{d^n}$, em que se n for um número positivo maior que 0, à medida que d aumenta, obtemos como resultado da operação, valores cada vez menores, ou seja, obtemos uma função decrescente, o expoente n nos dá o gráfico curvo. Logo, o módulo da força elétrica será: F será proporcional $\frac{1}{d^n}$, ou seja $F \propto \frac{1}{d^n}$.

FIGURA 8 - Tabela e gráfico $F \times d$ (Valores para título de ilustração onde utilizamos $n=2$)



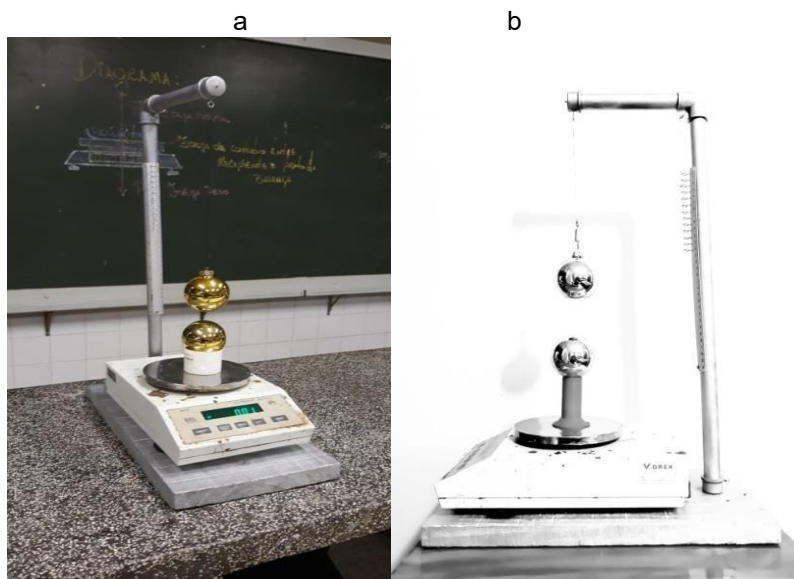
fonte: O autor

Com os dados experimentais, é possível chegar, a partir da relação anterior, que o n deve assumir o valor de 2, portanto,

$$F \propto \frac{1}{d^2}, \quad (2)$$

assim a Equação 2 indica que a força elétrica depende e diminui com o inverso do quadrado da distância.

Figura 9 – Aparato para medir força de interação elétrica entre as esferas eletrizadas



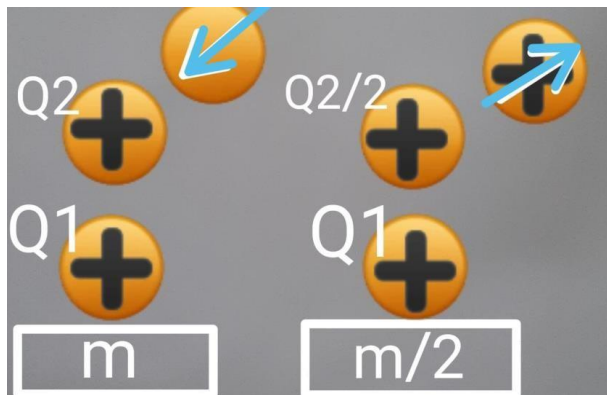
fonte: O autor

Suponhamos agora que a carga elétrica em uma das esferas é diminuída de tal forma que fique com $1/N$ do valor inicial, ou seja, valor inicial da carga elétrica/ N , por isso, obtemos uma leitura diferente para força elétrica, que é uma indicação de que há uma relação entre estas duas grandezas, ou seja, há uma dependência entre o módulo da força elétrica e as cargas elétricas.

Para tal feito, façamos o seguinte: carregamos as esferas, colocamos as esferas a distância d entre si, anotamos a leitura da balança durante o distanciamento estabelecido. Em seguida, colocamos uma terceira esfera descarregada em contato com esfera superior, e parte da carga será “roubada”, ou seja, $(1 - 1/N)Q_2$ será transferida para essa esfera e a esfera pendurada, ficará com Q_2/N de carga, como representado na Figura 10.

Da mesma forma, podemos realizar novamente o procedimento, porém agora colocando a esfera descarregada em contato com a esfera inferior, de tal modo que também parte de sua carga seja “roubada”, ou seja, $(1 - 1/N)Q_1$ será transferida e a esfera apoiada ficará com Q_1/N de carga.

Figura10 - Tocando a bola superior com uma bola igual e descarregada podemos demonstrar que a força de repulsão é diretamente proporcional à carga.



Fonte: O autor.

Novamente, a partir da comparação dos resultados experimentais dos procedimentos descritos anteriormente, obtemos que o decréscimo na carga é proporcional ao decréscimo na intensidade da força elétrica, isto é, se houver um decréscimo de tal forma que a carga fique com $1/N$ do valor inicial, ou seja, valor inicial da carga elétrica/ N , em uma das esferas, a intensidade da força também decai para $1/N$ do valor inicial da força elétrica, ou seja, F/N .

Portanto, podemos afirmar que o módulo da força elétrica depende e é proporcional ao produto das cargas envolvidas, ou seja,

$$F \propto Q_1 Q_2. \quad (3)$$

Com base no que descrevemos até aqui, podemos afirmar que o módulo da força elétrica depende e diminui com o inverso do quadrado da distância, conforme a Equação 2; depende e é proporcional ao produto das cargas envolvidas, conforme Equação 3. Assim, o módulo da força elétrica, a menos de uma constante de proporcionalidade, pode ser expresso pela seguinte relação:

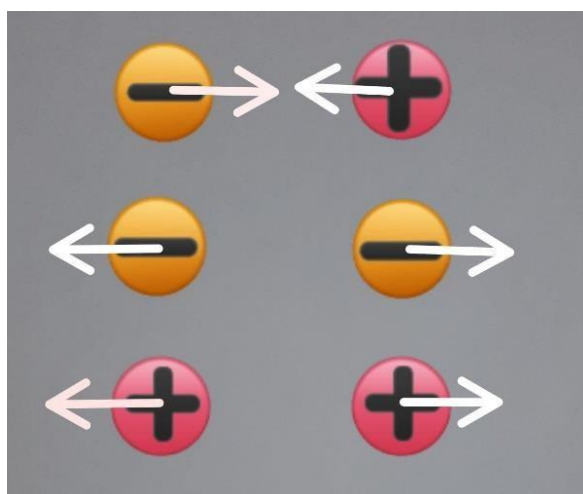
$$F \propto \frac{1}{d^2} \cdot Q_1 Q_2. \quad (4)$$

No entanto, para tornar esta expressão, Equação 4, uma igualdade lançamos mão de uma constante de proporcionalidade, K , uma vez que chegamos a relação levando em consideração as dependências citadas anteriormente. Então, admitamos, por hora que o módulo da força elétrica é expresso por:

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2} . \quad (5)$$

Lembrando que força é uma grandeza vetorial, então, força elétrica também é, e não poderia ser diferente. Assim, a força elétrica depende do módulo, dado pela Equação 5, direção e do sentido para que ela fique bem caracterizada. Em suma, esta grandeza é munida de uma orientação em sua aplicação.

Figura 11 – Atração e repulsão elétrica em relação aos dois tipos de cargas.



fonte: O autor

A direção da linha de atuação da força elétrica é definida de centro a centro das cargas e o sentido é dado por conta da interação ser de atração, cargas de sinais diferentes, ou de repulsão cargas de sinais iguais, conforme indicado na Figura 11, onde mostramos as situações de linha de ação, direção de atuação, entre cargas elétricas de mesmo sinal, repulsão, e de sinais diferentes, atração, e os respectivos pares de forças, ação e reação, estão indicados conforme a terceira lei de Newton) em cada situação. E, por fim, podemos expressar o módulo da força elétrica como

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2} . \quad (6)$$

Imaginemos uma última situação, onde podemos também obter uma relação matemática com o nosso experimento proposto, que é uma variação experimental para os resultados de Coulomb. Em nosso experimento proposto,

se antes de tirar os dados do experimento colocássemos as esferas superior e inferior idênticas em contato, podemos admitir que ambas ficariam com a mesma carga elétrica:

$$Q_1 = Q_2 = Q \quad (7)$$

Logo, podemos escrever a Lei de Coulomb da seguinte forma:

$$F = \frac{K_0 \cdot Q^2}{d^2} \quad (8)$$

Ou ainda:

$$Q = \sqrt{\frac{F \cdot d^2}{K_0}} \quad (9)$$

Utilizando a proposta acima, e utilizando uma das linhas de medidas dos registros podemos encontrar qual é, aproximadamente, a carga de cada uma das esferas eletrizadas. Sendo assim, nosso experimento é capaz de fornecer a relação entre a força e a distância, e tendo estes dados podemos obter as quantidades de cargas elétricas nos corpos eletrizados.

Obviamente, todo o aparato: balança, esferas, suportes, condições de eletrização e procedimentos de medição que utilizamos na experiência que propusemos até aqui é bem diferente do aparato utilizado no experimento em que se chega à medida da interação elétrica, ou seja, da força elétrica.

O responsável pelo experimento e, portanto, pelo feito de determinar a força elétrica entre duas cargas elétricas puntiformes, é Charles-Augustin de Coulomb, que nasceu na França em 1736. Coulomb utilizou sua balança de torção para medir a intensidade do par de forças elétricas, ação e reação, atuantes sobre duas cargas elétricas colocadas a uma determinada distância uma da outra, que podemos fazer um paralelo com a Figura 11 para ilustrar o par de forças elétricas. Desta forma, a partir desse processo de investigação experimental ele verificou a Lei de Coulomb, assim denominada em sua homenagem, que determina a força de interação elétrica entre materiais portadores de cargas:

$$F = \frac{K_0 \cdot Q_1 \cdot Q_2}{d^2}, \quad (10)$$

Onde:

F é a força elétrica;

Q_1 e Q_2 são as cargas elétricas puntiformes;

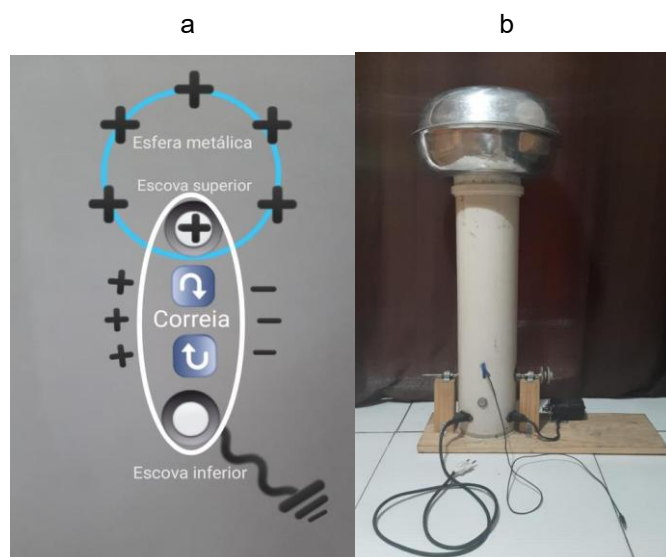
D é a distância entre as cargas elétricas tomadas de centro a centro; K é a constante eletrostática cujo valor é $8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$;

3.3. CAMPO ELÉTRICO

Como citado anteriormente, em situações específicas podemos obter eletrização de corpos por atrito. Existem diversas aplicações de tal efeito, uma delas é a construção de um equipamento chamado Gerador de Van de Graaff (Gerador), idealizado pelo engenheiro americano Jemison Van de Graaff, em 1931. Apresentamos na Figura 11 em (a) um esquema e em (b) o Gerador caseiro construído a partir dos trabalhos de Nunes F. (2020), Marcondes (2017) e o vídeo Como Fazer Um Gerador Van De Graaff (FICOU DE ARREPIAR), (disponível em: <https://youtu.be/XGNsSshWzzA>, acesso: dez. 2020).

Imagine que você possui um gerador como o apresentado na Figura 12, quando eletrizado, as cargas elétricas nele presentes, geram interação de natureza elétrica em cargas nas imediações. Vamos, por meio de tal fenômeno, buscar entender os conceitos relacionados com o campo elétrico.

Figura 12 – Gerador de Van de Graaff



fonte: O autor

Para tanto, vamos elencar de forma breve como é e o funcionamento do Gerador.

Ele consiste em dois roletes, uma correia, duas escovas, um motor e a uma esfera metálica. Na figura 12, estas peças estão sustentados por um PVC cilíndrico sobre uma base de madeira.

Levando em conta que o Gerador opera realizando eletrização, segundo os efeitos triboelétricos, Figura 3, a composição dos materiais dos roletes sobre os eixos e da correia tem papel fundamental no funcionamento uma vez que a correia é eletrizada, durante o funcionamento do Gerador, por meio da escova de material condutor, a esfera metálica fica também eletrizada.

Admitindo ser uma esfera metálica de raio R na parte superior do gerador, podemos considerar que o potencial elétrico se distribui uniformemente, sendo o mesmo em toda a casca esférica do condutor. A quantidade de carga elétrica armazenada na esfera pode ser dada por:

$$Q = C . V \quad (11)$$

e a capacitância por: $C = R/K \quad (12)$

Onde:

Q carga elétrica em coulomb

C capacitância em farad

V potencial elétrico em volt

R raio da esfera

K constante eletrostática do meio

Sabendo a quantidade de carga Q e que a área da superfície S da esfera, em mm^2 , é dado por

$$S = 4\pi . R^2, \quad (13)$$

podemos obter a densidade superficial de cargas σ , em coulomb/metro por quadrado:

$$\sigma = \frac{Q}{S}, \quad (14)$$

substituindo Q , Equação 11, e S , Equação 13, na Equação 14, obtemos:

$$\sigma = C \cdot \frac{V}{4\pi \cdot R^2}. \quad (15)$$

E substituindo a capacitância, Equação 9, temos que a Equação 15, pode ser expressa por:

$$\sigma = \frac{V}{4\pi \cdot R \cdot K}. \quad (16)$$

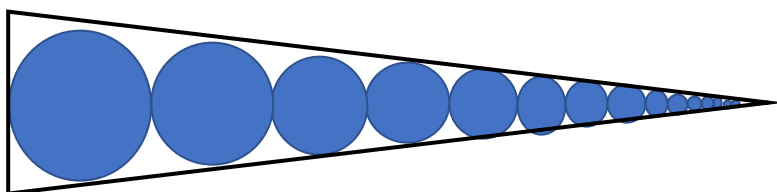
Caso coloquemos uma esfera em contato com a esfera do Gerador, ela irá ficar carregada seguindo a mesma ideia apresentada, como V , π e K são constantes a densidade superficial de cargas elétricas é inversamente proporcional a R .

$$\sigma \propto 1/R \quad (17)$$

Quanto menor o raio maior a quantidade de cargas acumuladas, sendo maior a quantidade de cargas acumuladas, maior a intensidade da força de interação com outra suposta carga elétrica que se encontre nas proximidades.

Podemos inclusive, seguindo este raciocínio. Pensar no motivo das fagulhas elétricas aparecerem principalmente nas extremidades, o que é conhecido como poder das pontas, ou seja, as cargas elétricas tendem a se concentrar mais nas extremidades mais pontiagudas, conforme mostramos na Figura 13, onde aproximamos a representação de uma ponta metálica a um conjunto de esferas, de raios diferentes, em contato entre si. (NUNES F., 2020).

Figura 13 – Representação poder das pontas



Fonte: O autor

3.3.1 RIGIDEZ DIELÉTRICA DO AR

Suponhamos que tenhamos uma grande diversidade de materiais a nossa disposição e vamos experimentá-los atravessando cargas elétricas por

eles, logo vamos notar que podemos dividir estes materiais em pelo menos dois grupos conforme a facilidade que as cargas elétricas têm de fluir através deles. É comum na literatura dividirmos os materiais em dois grupos, os condutores e os isolantes.

Os condutores são aqueles em que os elétrons, devido a estrutura atômica, têm facilidade em fluir através dos materiais. Os elétrons das bandas condução, destes átomos, estão ligados de tal forma que se comportam como livres, não pertencentes a um só átomo do material, mas a todo grupo de átomos, podendo fluir facilmente.

De outra forma, se considerarmos os isolantes, os elétrons estão bem ligados aos átomos, sendo assim dificilmente vão fluir pelo material.

Mas se submetemos os materiais isolantes a grandes diferenças de potencial, os elétrons vão acabar fluindo através do material, é o caso das descargas elétricas visíveis no Gerador, onde pequenos raios elétricos atravessam o ar. Isso, no ar, acontece quando temos aproximadamente 3000 Volts de tensão para cada 1 centímetro de coluna de ar, ou como geralmente é proposto pela literatura, ruptura dielétrica do ar: 3×10^6 V/m.

3.3.2 DEMONSTRAÇÃO DO CAMPO ELÉTRICO POR MEIO DO GERADOR DE VAN DE GRAFF

Pensando que as cargas produzem interação. Vamos assumir que a carga Q tem uma região de influência elétrica que chamamos de campo elétrico, E . O campo elétrico E , grandeza física, pode ser mensurado em um ponto P .

Podemos, então, lembrando do que é carga elétrica e força elétrica, determinar uma grandeza chamada campo elétrico. A intensidade do vetor campo elétrico, E , em um ponto do espaço pode ser obtido por meio da razão entre a força elétrica, F , e a carga elétrica, q , que interage com a carga geradora, Q , do campo E , representada pela seguinte expressão:

$$E = F/q \quad (18)$$

este campo elétrico é uma resultante dos campos E criados por cada uma das cargas Q puntiformes acumuladas em repouso e tem seu módulo dado pela expressão:

$$E = \frac{KQ}{d^2} . \quad (19)$$

Onde, na Equação 18 e 19, temos

E é o módulo do campo elétrico em

N/C; F é o módulo da força elétrica

em N;

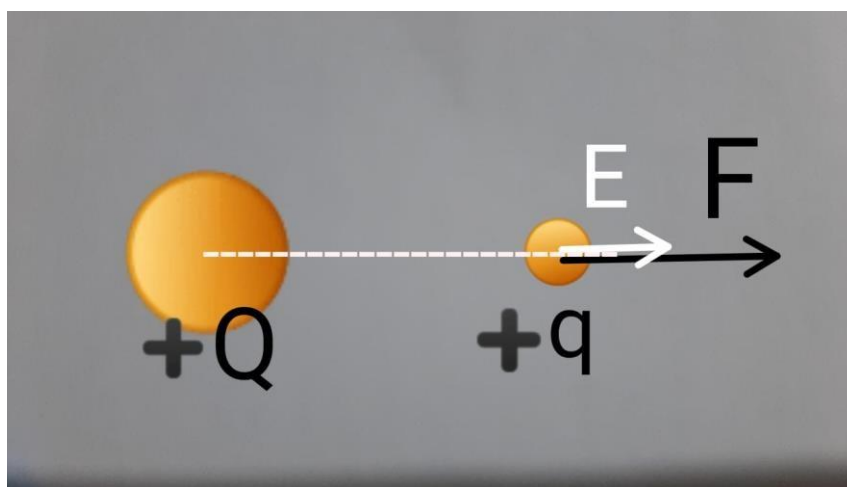
q é carga elétrica, carga de prova, situada no ponto P, em C;

Q é carga elétrica geradora o campo elétrico, E , em C;

K é uma constante que no SI vale: $9 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

Pela Equação 19, podemos dizer que a direção do vetor campo elétrico, E , é dada pela reta que une o ponto P e a carga Q e o sentido de E aponta para P se Q é negativa; e no sentido oposto se Q é positiva, como apresentado na Figura 14. E também pela Equação 18, vemos que a direção do campo elétrico é a mesma da força elétrica, e o sentido depende do sinal da carga Q .

Figura 14 – interação entre cargas pontuais



fonte: O autor

A ideia da existência de campo vem do desenvolvimento da teoria da gravitação universal por Isaac Newton no séc. XVII, e surgiu exatamente da dificuldade de aceitar que uma partícula possa afetar outra sem contato entre

ambas, ou seja, haja a interação à distância, como uma extensão do efeito de um corpo, ou do próprio corpo. A explicação da física clássica reside no conceito do campo de força. Desta forma, uma vez que interações de cargas elétricas estáticas são dadas pela Lei de Coulomb, Equação 5, ou seja, forças eletrostáticas, e como vimos com interação a distancias, surge a necessidade de definir um campo de forças eletrostáticas, ou seja, um campo elétrico.

E por muito tempo, atribui-se o nome de éter, algo hipotético e merecedor de discussão e investigação, a esse campo mediador que transmite as forças eletrostáticas. Escrevendo brevemente, temos na mitologia grega a ideia do éter como o céu de ar puro, respirado pelos deuses, diferente do ar, ar respirado pelos seres na Terra. E como veremos na sequência de forma breve a sua relevância para o entendimento do conceito de campo elétrico. (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2012).

No século XIX, o eletromagnetismo da física clássica alcançou seu ápice, foi quando, a partir dos conceitos sobre três elementos teóricos e hipotéticos, o éter, as ondas e o átomo, articulados com as novas ideias de campo e energia trouxeram à tona a unificação da ótica, da eletricidade e do magnetismo. Vale lembrar que esses três elementos vinham sendo propostos a algum tempo e foram concebidos como tipos especiais de matéria atomizada.

Essa visão atomística original evoluiu naturalmente a partir da ideia do éter dinâmico de Newton e, no caso da ótica, implicou uma simplificação da teoria dual. De fato, a própria luz assumiu natureza “etérea” e as forças que mediavam sua interação com a matéria ordinária acabaram por esvaziar a função original do éter newtoniano. Já a visão ondulatória original esteve comprometida com a crença metafísica na existência de uma ou mais entidades contínuas que, além de ocupar todo o espaço, tinham como propriedade essencial a capacidade de sustentar variações locais de suas respectivas densidades. A visão ondulatória operou um deslocamento conceitual de extrema importância: luz, calor, eletricidade e magnetismo não eram mais concebidos A Estrutura Conceitual da Física do Século XIX como diferentes tipos especiais de matéria, mas como movimento que se propagava como perturbação em, eventualmente, diferentes tipos de substrato material. Com isso, a hipótese da existência de vários éteres ressurgiu naturalmente (POLITO, 2016, p. 84).

E o éter, por sua vez, deveria ter certo tipo de elasticidade para sustentá-los, onde se fez necessário o uso de diferentes modelos mecânicos para explicar

a teoria, o campo é um deles. Neste momento, como a estes fenômenos são de mais difícil compreensão observacional dos fatos, logo, de distinção sobre os modelos sendo ou não descrições fieis da natureza. Então, tornou-se crescente o interesse por descrições matemáticas mais sofisticadas.

No século XIX e XX, o éter foi cada vez mais perdendo espaço, pois nunca foi comprovado. Por outro lado, o campo elétrico sim, ele tem existência física, na física quântica o campo elétrico explicado como sendo é formado pelas partículas mediadoras da força elétrica, os fótons. Porém, em sala de aula, para que possamos bem iniciar o estudo do campo elétrico é mais conveniente que, neste momento, utilizemos a teoria da física clássica.

3.3.3 LINHAS DE CAMPO.

Nosso Gerador de Van de Graaff descrito anteriormente, estando eletrizado e supondo que as cargas se distribuem em um condutor a fim de que o potencial elétrico seja constante ao longo do material. É capaz de transmitir este excesso ou falta de cargas através do condutor. Tendo isto, suponha que elaboremos montagem com a mostrada na Figura15;

Figura 15 – Aparato, pontas carregadas em azeite (isolante) onde flutuam sementes de grama.



fonte: O autor

Onde os condutores eletrizados, fio vermelho ligado a escova superior, positiva, e o fio preto, a escova inferior, negativa, Figura 12a, que vamos chamar de eletrodos, tem uma distância entre si, ao serem parcialmente submersos em um óleo vegetal, e sobre o óleo vegetal espalhamos sementes de grama, notamos o seguinte efeito, as sementes manifestam o campo elétrico ali presente.

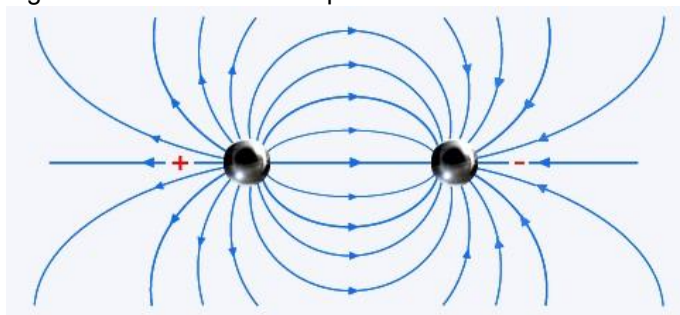
A disposição apresentada pelas sementes de grama nos induz a pensar que o campo elétrico tem uma certa configuração, as linhas apresentadas são conhecidas como linhas de campo, Figura 16.

Inicialmente, Michael Faraday concebeu o espaço envolto a linhas de força, posteriormente, com o advento do conceito de campo elétrico, campo de forças, atribui-se as linhas de campo elétrico.

As linhas imaginárias servem apenas para fim de exprimir o campo elétrico, pois representam a soma vetorial dos campos elétricos naquele espaço. Cada linha é composta por infinitos pontos e atribuído a cada ponto há um campo elétrico com seu módulo, direção sempre tangente a linha naquele ponto e sentido de acordo com o sinal da carga geradora.

Desta forma, cada uma das linhas imaginárias contém orientação bem definida e nunca se cruzam ou interceptam entre si. Seu sentido em cada ponto tem o mesmo do vetor campo elétrico, formando, assim, uma representação do campo elétrico no espaço. A proximidade entre as linhas representa a intensidade do campo elétrico naquela região do espaço. Uma carga elétrica sobre a linha terá sobre si uma força elétrica atuante, de mesma direção da linha. Se a carga sobre a linha, chamada de carga de prova, for positiva, sente uma força de mesmo sentido da linha de força, caso a carga de prova for negativa, sobre ela atua força contrária ao sentido da linha de campo.(HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Figura 16 – Linhas de Campo elétrico



fonte: http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/campo/linha_forca/
Acesso:27/10/2019

4 ORIENTAÇÕES AO PROFESSOR

4.1 O PAPEL DO PROFESSOR APLICADOR

Para aplicação deste produto educacional, acreditamos que o papel do professor está relacionado a formar estudantes que saibam gerenciar seu próprio processo de aprendizagem, que aprendam a aprender, no sentido de que as descobertas e respostas dos próprios alunos têm papel central no desenvolvimento das atividades e de sua aprendizagem.

Então devemos primeiramente estar atentos a tudo que acontece em sala de aula, cabe a você professor a supervisão e prestação de auxílio diante dos encaminhamentos deste produto educacional. Usando a prática dos alunos e equipes como ferramenta qualitativa para avaliar como está ocorrendo o desenvolvimento das aulas propostas, interferindo ao identificar adversidades inconvenientes a situação de aprendizagem, no intuito de manter o propósito da atividade claro. Também, nós professores, devemos sempre conferir as pastas das equipes, auxiliando e solicitando para que sempre estejam organizadas e completas.

4.2 PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO

Em princípio, as novas ideias que o aluno incorpora devem estar vinculadas aos seus conhecimentos prévios em relação ao tema e ou ao assunto abordado e a prática, lembrando que quando citamos aqui o termo Prática, este envolve os experimentos, roteiros, conversas, resolução de problemas e ação no sentido de ser protagonista da aprendizagem. Não só ampliando o conjunto de seus conhecimentos, mas atualizando os previamente concebidos.

A troca de ideias entre os estudantes deve ser identificada, em uma análise qualitativa, como determinante para construção da aprendizagem significativa, no sentido de entender e representar as grandezas da natureza em situações dentro e fora de sala de aula. Os registros, ações e comentários são

ferramenta para que o professor do produto educacional possa estipular, o nível de compreensão de cada aluno e equipe.

4.2.1 PERSPECTIVA DE AVALIAÇÃO

A avaliação realizada de forma continuada por meio das investigações das situações problema e desenvolvimento da atividade.

4.2.2 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

Registros dos alunos e registros do professor feitos levando em conta qualitativamente e quantitativamente o desenvolvimento das atividades propostas.

4.2.3 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Participação por parte do educando das atividades propostas, manifestando suas concepções do que é proposto, indicando com sinais ao professor sobre o aprendizado. Além de avaliar as interações dos estudantes com o produto educacional e entre si, inerentes ao processo. Os roteiros realizados e preenchidos pelas equipes, são também ferramentas formais que dão indícios da evolução de cada estudante e equipe. Ainda em tempo, ressaltamos que todas as formas de avaliação não devem ser desconexas entre si, mas sim formativa, correlacionadas e como parte integrante de um todo.

O planejamento é dinâmico, no sentido de que se molda ao grupo de estudos, logo o replanejamento do professor, ou seja, por nossa parte, deve ser contínuo e indispensável, inclusive do processo avaliativo.

4.3 APLICAÇÃO – ROTEIROS DO PROFESSOR

É importante que durante todo o processo o professor tenha consigo uma cópia integral deste produto e um caderno para efetuar os próprios registros, onde além de indicar as relações entre as equipes e organização

ambiente também deve elencar conceitos da física que devem constar nos slides, e na síntese integradora, levando em conta as dificuldades, dúvidas, indicativos de aprendizagem e acertos de cada equipe. Você professor, deve ficar atento ao comportamento, comunicação e os registro dos alunos. Por isso, os slides devem ser produzidos de acordo com a necessidade e cada turma e a síntese deve ser direcionada nesta mesma perspectiva, porém, nunca se esquecendo dos focos de cada um dos três momentos deste produto educacional.

Além de diagnóstico no processo de construção do conhecimento dos alunos, os seus registros também servem para avaliação dos alunos e análise e reflexão da própria prática.

Reforçamos que para a elaboração de cada momento nós tomamos como base trabalhos da literatura, a saber:

Momento 1, Aulas 1 a 5, nós tomamos como base os trabalhos de Assis (2010), Assis (2018) e Saad et al. (2020);

Momento 2, Aulas 6 a 9, Cortel (1999)

Momento 3, Aulas de 10 a 12, Nunes F. (2020), Marcondes (2017) e o vídeo

Como Fazer Um Gerador Van De Graaff (FICOU DE ARREPIAR), (disponível em: <https://youtu.be/XGNsSshWzzA>, acesso: dez. 2020);

No entanto, fizemos adaptações e elaboramos a parte da sequência didática de cada momento.

Aula 1 (início)

Com os alunos em sala, realizamos a apresentação do trabalho a ser desenvolvido, orientamos a formarem equipes de dois a quatro integrantes. Em seguida distribuímos as pastas, uma para cada equipe. Vale ressaltar que a pasta os acompanhou até o fim da aplicação do produto educacional porque continha um campo para identificação de cada integrante da equipe, sendo que ela tinha por finalidade guardar os ROTEIROS EXPERIMENTAIS.

Ainda antes de receber os roteiros experimentais do Momento 1 e começar a realizar os experimentos dispostos em bancadas, foram orientados

sobre observar cada detalhe da prática e respectivos efeitos observados, para que fizessem isso sempre levando em conta os seguintes aspectos:

- i. Tente explicar de que forma estas interações acontecem.
- ii. Pensando na composição dos materiais, levante hipóteses sobre os possíveis

motivos e como as interações acontecem. E se é diferente para os diferentes materiais.

Aula 1 (continuação) e Aula 2

Para Aula 1 (continuação) e Aula 2 o professor deve dispor em quatro ou mais bancadas distintas os seguintes materiais:

Bancada 1: Canudinho, papeizinhos, bolinhas de isopor, guardanapo e uma cópia do Roteiro Prática 1: Eletrização de isolantes, para cada equipe.

Bancada 2: Canudinho, canudinho suspenso, guardanapo e uma cópia do Roteiro Prática 2: Canudinho suspenso, pêndulo de torção, para cada equipe.

Em um suporte, suspenda um canudinho, com uma linha ligada em seu centro de comprimento.

Bancada 3: Canudinho, guardanapo, frasco de água com torneira. filete de água, e uma cópia do Roteiro Prática 3: Filete de água, para cada equipe.

Deve-se produzir um pequeno filete de água, caso a escola não disponha de torneiras que possam ser utilizadas neste experimento, pode-se produzir um frasco com uma torneira.

Bancada 4: Bolinhas de isopor, pacote plástico inflado com ar e algumas bolinhas de isopor dentro, frasco PET com bolinhas de isopor dentro, placa de PVC, lã e uma cópia do Roteiro Prática 4: Bolinhas de isopor, para cada equipe.

Todos os materiais para este experimento são encontrados geralmente em livrarias, sugerimos que o professor forneça o pacote plástico e o frasco prontos para serem utilizados e se possível bem fechados com ar bem seco no interior, junto com as bolinhas.

Caso tenha grande número de alunos e forme várias equipes, orientamos que o professor disponha de mais bancadas, repetindo os materiais, a fim de que todas as equipes realizem uma prática nesta primeira aula.

Também, no início do roteiro se tem as seguintes questões problematizadoras: levando em conta os seguintes aspectos:

- i. Tente explicar de que forma estas interações acontecem.
- ii. Pensando na composição dos materiais, levante hipóteses sobre os possíveis

motivos e como as interações acontecem. E se é diferente para os diferentes materiais.

A função das perguntas é incrementar a investigação do próprio conhecimento. Diante disto, o papel do professor é mediar esta problematização durante toda a aplicação, fomentando em ambiente de aula a busca pelo entendimento de forma correta e concreta. O tempo para leitura destas questões que compõem a problematização inicial é de aproximadamente 5 minutos.

Na sequência, cada equipe deve realizar as práticas seguindo e preenchendo o respectivo roteiro. O professor deve ajudar na organização e esclarecimento de dúvidas, antes do final da aula os roteiros devem ser colocados dentro das pastas de cada equipe.

Aula 1 (continuação) e Aula 2. Eletrização de Isolantes

Novamente, serão dispostos os mesmos quatro experimentos da aula 1 nas bancadas, e os grupos devem se revezar entre os três experimentos ainda não realizados, levando aproximadamente 15 minutos por experimento.

Os quatro experimentos devem ser realizados por todas as equipes, nos 15 minutos finais da Aula 2 devem ser respondidas as seguintes questões:

Como cada equipe vai responder com as próprias palavras, as respostas esperadas estão relacionadas com os efeitos observados.

Aula 3

Eletrização de condutores

Nesta aula, da mesma forma que nas Aulas 1 e 2, devem ser dispostos quatro experimentos distintos em número de bancadas igual ao número de equipes formadas.

O esperado é que todas as equipes realizem os quatro experimentos, durante a aula. Seguindo e preenchendo os roteiros experimentais:

Bancada 1: Canudinho, guardanapo, Garrafa de Leyden, Roteiro prática 5: Garrafa de Leyden, para cada equipe.

Bancada 2: Canudinho, Guardanapo, Eletroscópio de folhas, Roteiro prática 6: Eletroscópio de folhas, para cada equipe.

Bancada 3: Canudinho, Guardanapo, Eletróforo, Placa de PVC, lã, Eletroscópio de folhas e Roteiro prática 7: Garrafa de Leyden e eletróforo, para cada equipe.

Bancada 4: Canudinho, Guardanapo, Eletróforo, Placa de pvcPVC, lã, Garrafa de Leyden, Roteiro prática 8: Eletroscópio de folhas e eletróforo, para cada equipe.

É papel do professor prestar auxílio, mediando a organização e respeitando as particularidades de cada turma e aluno, logo, caso seja necessário mais tempo para conclusão desta aula, o professor adapta a prática ao tempo disponível. Sempre levando em conta as questões da problematização.

É esperado que nesta Aula 3 o nível de organização das equipes tenha evoluído e esteja mais avançado em relação as Aulas 1 e 2, a fim de que cada equipe obtenha êxito na realização de cada uma das quatro práticas, seguindo os roteiros, em um tempo de aproximadamente 10 minutos.

Aula 4

Com auxílio de data show ou tv, deve ser especificado com clareza aos alunos, em uma aula, breve história da eletrização, eletricidade estática, a série

triboeletrica, grandeza carga elétrica, carga elementar, materiais isolantes e condutores e a relação matemática $Q = n.e$.

Espera-se que neste momento os alunos sejam capazes de relacionar o material exposto com as práticas das aulas anteriores. Recomenda-se, para preparar esta aula o professor busque fazer uma análise prévia dos encaminhamentos das aulas anteriores para elaborar os slides. É indicado que neste momento o professor realize a leitura das referências já indicadas.

Aula 5

Assembleia: Neste momento, a organização tem papel fundamental. Para iniciar a aula todos devem sentar formando um círculo, os integrantes de cada equipe devem estar próximos entre si e com os roteiros preenchidos nas aulas anteriores em mãos.

O professor indica as equipes para realizar leituras de seus roteiros, estabelecendo assim um diálogo sobre tudo que foi desenvolvido, fazendo com que as equipes comparem seus registros e práticas realizadas, aperfeiçoando assim a interpretação dos fenômenos. Relacionando com itens vistos na Aula 4 e com o cotidiano.

É também papel do professor definir os assuntos que são ou não pertinentes, mediando a conversa e auxiliando no esclarecimento de conceitos da física relacionados a eletrização e propriedades dos materiais.

Retomar perguntas:

1. Quais os processos de eletrização observados nos experimentos?
2. Quais são os efeitos da eletrização e como eles se apresentam?
3. Sabemos que a matéria é formada de partículas elétricas. Como se pode conceber que ela, geralmente, se encontre no estado neutro?
4. Como se pode fazer para que as cargas positivas sejam em maior número? E para que o número maior seja de cargas negativas? Como é a interação entre os objetos eletrizados?

Devemos ressaltar que esta Assembleia, por contar com as observações durante o processo de aplicação deste produto educacional até aqui, deve ser construída durante o processo e, por isso, ela não tem um formato final. No entanto, o foco aqui é discutir o conceito de carga elétrica e os processos de eletrização.

Aula 6

No início desta aula devem estar dispostos os seguintes materiais:

Bancada: Balança eletrônica, Prato, Guloseimas e Roteiro Experimental: Prévia momento 2: Dialogo sobre o funcionamento de uma balança.

É importante fazer uma sondagem sobre a existência de alunos que não podem consumir certos tipos guloseimas e realizar uma conversa com os mesmos a fim de adequar a prática utilizando produtos ajustados ao público.

Também em sala, o aluno deve ter a sua disposição um diagrama de corpo livre como o apresentado na Figura 7 do Capítulo 3, seção 3.2;1 deste produto educacional da massa sobre a balança, indicando assim a direção e o sentido das forças presentes na prática. O diagrama pode ser apresentado por meio de uma figura na lousa, data show, tv, ou outro meio em que os alunos sejam capazes de visualizar.

O objetivo, seguindo o roteiro proposto para aula, é entender o funcionamento de uma balança eletrônica, e para isso, sugerimos que o professor consulte o Capítulo 3, seção 3.2.1 do produto educacional.

Aula 7

Nesta etapa desenvolvemos uma adaptação do artigo “Demonstrations of Coulomb’s law with an eletronic balance” (CORTEL, 1999) Seguindo a organização de desenvolvimento da prática proposta no roteiro, e acessando tudo que anteriormente foi desenvolvido, no roteiro se tema ilustração do experimento proposto. Para iniciar a prática é importante que os materiais estejam dispostos sobre uma bancada bem acessível.

Caso alguma equipe não consiga obter valores, o professor pode intervir e auxiliar, inclusive substituir as esferas por pequenas placas de pvc, como as utilizadas na etapa 1, adequando a explicação a propriedade dos materiais.

Os registros esperados dessa Prática, quando bem sucedida, são de acordo com o que apresentamos na seção 3.2,2 do Capítulo 3 deste produto educacional, onde se espera que a Prática forneça subsídio para que os alunos encontrem que o módulo da força elétrica depende e diminui com o inverso do quadrado da distância, conforme a Equação 1 da referida seção. Sendo que, a partir do obtido, ressaltar a importância da matemática como ferramenta de descrição de fenômenos naturais. Sugerimos que os alunos respondam responder as seguintes questões: O gráfico é representado por uma reta ou por uma curva? É crescente ou decrescente? E, então, explicando o comportamento: a força elétrica depende e diminui com o inverso do quadrado da distância.

Aula 8

Dando sequência e com o mesmo experimento da Aula 7, aula anterior, disposto sobre a bancada. Agora, com essa Prática, podemos visualizar que quando a carga em um dos corpos eletrizados e que gera interação é diminuída pela metade, obtemos uma leitura diferente para força, obtendo assim a relação entre a grandeza força e a grandeza carga elétrica.

Assim, realizado esta Prática, esperamos que forneça subsídio para que os alunos encontrem que a força elétrica depende e é proporcional ao produto das cargas envolvidas, conforme Equação 2 que apresentamos na seção 3.2,2 do Capítulo 3 deste produto educacional.

Em seguida, apresentar a lei de Coulomb, proposta no roteiro, e esperamos que os alunos notem as relações encontradas nesta e na Prática anterior, Aulas 7 e 8 em acordo com a seção 3.2,2 do Capítulo 3 deste produto educacional.

Aula 9

Seguindo a mesma organização da Aula 5. Para iniciar a aula todos devem sentar formando um círculo, os integrantes de cada equipe devem estar próximos entre si e com os roteiros preenchidos nas Aulas anteriores em mãos.

O professor indica as equipes para realizar leituras de seus roteiros, estabelecendo assim um diálogo sobre tudo que foi desenvolvido, fazendo com que as equipes comparem seus registros e práticas realizadas, aperfeiçoando assim a interpretação dos fenômenos, estes relacionados com itens vistos nas Aulas 6, 7 e 8 e com o cotidiano.

É também papel do professor definir os assuntos que são ou não pertinentes, mediando a conversa e auxiliando no esclarecimento de conceitos da física relacionados com a lei de Coulomb e propriedades dos materiais.

Devemos ressaltar que esta Assembleia, por contar com as observações durante o processo de aplicação deste produto educacional até aqui, deve ser construída durante o processo e, por isso, ela não tem um formato final. No entanto, o foco aqui é discutir a lei de Coulomb.

Aula 10

O campo Elétrico: Prática com Gerador de Van de Graaff

Disponibilizar em sala os materiais a serem utilizados no experimento: Gerador de Van de Graaf, esfera feita de papel alumínio de cabo isolante e fitas de papel alumínio, Placa de Petri 100 x 20 mm com 10mm de óleo vegetal, sementes de grama.

Como este experimento pode apresentar risco de choque, temos mais um motivo além do aprendizado, para que, antes de ligar a máquina todos estejam bem atentos a todas as orientações e durante todo processo.

É importante que os roteiros estejam sempre à mão, seguir Roteiro Experimental: Momento 3 - Gerador de Van de Graaff, primeiramente realiza-se a parte experimental com a esfera com cabo isolante, em seguida, cola-se as fitas de papel alumínio na esfera do gerador e faz experimento como proposto no roteiro dos alunos. E para finalizar, o professor deve fazer a demonstração

para todos, utilizando uma Placa de Petri com 10mm de óleo vegetal, deve-se colocar sementes de grama sobre o fluido e em dois pontos os fios eletrizados, conforme a Figura 15.

Enquanto seguem as propostas nos roteiros façam todos os registros pertinentes, neste momento os registros provavelmente estarão atrelados ao comportamento do grande grupo nas sínteses integradoras anteriores.

- Como podemos imaginar isso no espaço? Explique.
- Agora, observando o experimento proposto pelo professor, tente fazer uma figura que represente os vetores força em cada ponto do espaço

Ao ver as fagulhas elétricas, cabelos arrepiados e fitas se distanciando entre si, espera-se que os alunos naturalmente relembrem tudo que foi estudado no processo, estes que são conhecimentos prévios para que possam pensar sobre campo elétrico. Neste momento, o aluno deve ser desafiado a imaginar como tudo ocorre, pois dentro da proposta, as relações que ele faz entre seus conhecimentos prévios, novas informações teóricas e práticas. São o que lhe pode proporcionar novos conhecimentos.

Assim, esperamos que notem as relações encontradas nesta Prática em acordo com a seção 3.3 do Capítulo 3 deste produto educacional.

Aula 11

Com auxílio de data show ou tv, deve ser especificado com clareza aos alunos, em uma aula, breve história do campo elétrico, teoria e aplicações.

Esperamos que neste momento os alunos sejam capazes de relacionar o material exposto com as Práticas das Aulas anteriores e em acordo com a seção 3.3 do Capítulo 3 deste produto educacional.

Neste momento, é importante destacar o avanço e apogeu da teoria de campo, então, nos primeiros slides resume-se o que é a física mecanicista, resgatando itens estudados pelos alunos e tratando do que propunham estudiosos ao longo da história, como os conceitos de ação por contato e o

conceito de campo relacionado a ação de forças a distância. Assim os alunos podem relacionar os experimentos realizados e uma caracterização mais abstrata de campo, como sendo uma região ou extensão onde existe a ação da força. Orienta-se que a explanação seja abrangente a fim de trabalhar as analogias físicas e das linhas de força postuladas por Faraday.

Deve-se tratar também sobre o éter, e brevemente como sua definição mudou ao longo dos anos. E então, guarda-se para última aula a “cereja do bolo”, a simples definição de campo, de que ele é a atribuição de quantidade a uma região do espaço, ou do espaço-tempo para aqueles que estudaram, ou ainda vão estudar a relatividade.

Com certa brevidade, há uma explanação acerca dos assuntos comentados nos dois parágrafos anteriores na seção 3.3 do Capítulo 3 deste produto educacional.

Aula 12

Colocando o campo como “atribuir quantidade a uma região do espaço”, relembrando o campo gravitacional e como é análogo ao elétrico, citando várias aplicações de campo elétrico e interações elétricas, inclusive biológicas, e levando em conta todos os registros dos alunos nos roteiros, deve-se motivar a troca de ideias entre os estudantes, a fim de identificar, em uma análise qualitativa, como determinante para construção da aprendizagem significativa, no sentido de entender e representar as grandezas da natureza em situações dentro e fora de sala de aula. Os comentários sobre o conteúdo estudado, feitos dentro das equipes, devem estar presentes na Assembleia, atividade realizada como síntese integradora. Os registros e comentários também são ferramentas para que o professor aplicador do produto possa identificar o nível de compreensão de cada aluno e equipe.

Devemos ressaltar que esta Assembleia final, por contar com as observações durante todo o processo de aplicação deste produto educacional, deve ser construída durante o processo de aplicação, por isso, ela não tem um formato final. No entanto, o foco aqui é discutir o conceito de campo elétrico.

5 ROTEIROS EXPERIMENTAIS APLICADOS AS EQUIPES

Nomes:

n°:

Data:

Realizar registros para cada um dos experimentos seguindo as seguintes orientações:

leia atentamente roteiro experimental e realize experimento em equipe; descreva detalhadamente quais foram os processos realizados; descreva quais foram os efeitos observados; levante hipóteses sobre os possíveis motivos; para realizar as anotações, além da descrição na forma de texto, utilize de cores, gravuras, desenhos, tabelas e demais anotações que achar pertinente;

levando em levando em conta os seguintes aspectos:

- i. Tente explicar de que forma estas interações acontecem.
- ii. Pensando na composição dos matéria, levante hipóteses sobre os possíveis motivos e como as interações acontecem. E se é diferente para os diferentes materiais.

Nomes:

n.º:

Data:

Perguntas para entregar até o fim da segunda aula:

- 1- Quais os processos de eletrização observados nos experimentos?*
- 2- Quais são os efeitos da eletrização e como eles se apresentam?*
- 3- Sabemos que a matéria é formada de partículas elétricas. Como se pode conceber que ela, geralmente, se encontre no estado neutro?*
- 4- Como se pode fazer para que as cargas positivas sejam em maior número? E para que o número maior seja de cargas negativas? Como é a interação entre os objetos eletrizados?*

Momento 1

Experimentos do Momento 1, Aulas 1 a 3, têm como base os trabalhos de Assis (2010), Assis (2018) e Saad et al. (2020).

Roteiro Prática 1, Aula 1 - Eletrização de Isolantes.

☐ Registre os materiais que estão na mesa.

☐ Aproxime o canudinho dos seguintes objetos:

i - Papeizinhos; -Bolinhas de isopor; -Parede e quadro negro, Notou algum efeito? Registre.

- Atrite um canudinho com um guardanapo:
- Aproxime o canudinho dos seguintes objetos:
 - Papeizinhos. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
 - Bolinhas de isopor. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados

Parede e/ou quadro negro. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.

☐ Ao efetuar bastante manuseio com o canudinho, ou seja, contato com a mão, os efeitos gerados mudam. Levante hipóteses sobre os possíveis motivos.

Momento 1

Roteiro Prática 2, Aula 1 - Canudinho suspenso, pendulo de torção

- Registre os materiais que estão na mesa.
- Aproxime o canudinho do canudinho suspenso. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Atrite um canudinho com um guardanapo. Aproxime o canudinho atritado do canudinho suspenso. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Atrite um canudinho da bancada com um guardanapo:
- Atrite o canudinho suspenso com um guardanapo. Aproxime o canudinho do canudinho suspenso, ambos atritados. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Relate a principal diferença entre os efeitos, e levante hipóteses sobre as possíveis causas.

Momento 1

Roteiro Prática 3, Aula 1 - Filete de água.

- Registre os materiais que estão na mesa.
- Abra a torneira apenas um pouco, a fim de obter um pequeno fluxo do líquido, formando assim um filete de água. Aproxime o canudinho do filete de água. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados
- Atrite um canudinho com um guardanapo. Aproxime o canudinho atritado do filete de água. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Levante hipóteses sobre as possíveis causas.

Momento 1

Roteiro Prática 4, Aula 1- Bolinhas de Isopor

- Registre os materiais que estão na mesa.
- Agite o pacote plástico inflado com ar e algumas bolinhas de isopor dentro. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Agite o frasco com bolinhas de isopor dentro. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Atrite a placa de PVC com a lã e aproxime de bolinhas de isopor. Relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Levante hipóteses sobre as possíveis causas.

Momento 1

Roteiro Prática 5, Aula 3 - garrafa de Leyden

- Registre e/ou descreva os materiais que estão na mesa.
- Aproxime o canudinho da bolinha de alumínio sobre a garrafa de Leyden. Relate os efeitos observados.
- Atrite um canudinho com um guardanapo. Aproxime o canudinho da bolinha de alumínio da garrafa de Leyden e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Coloque o canudinho atritado em contato com a bolinha de alumínio da garrafa de Leyden e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Coloque o dedo sobre a bolinha de papel alumínio da garrafa de Leyden e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Ao efetuar bastante manuseio com o canudinho, ou seja, contato com a mão, os efeitos gerados mudam. Levante hipóteses sobre os possíveis motivos.

Momento 1

Roteiro Prática 6, Aula 2 - Eletroscópio de folhas

- Registre e/ou descreva os materiais que estão na mesa.
- Aproxime o canudinho da bolinha de alumínio sobre a eletroscópio de folhas.
Relate os efeitos observados.
- Atrite um canudinho com um guardanapo. Aproxime o canudinho da bolinha de alumínio o eletroscópio de folhas e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados
- Coloque o canudinho atritado em contato com a bolinha de alumínio do eletroscópio de folhas e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados
- Coloque o dedo sobre a bolinha de papel alumínio do eletroscópio de folhas e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados
- Ao efetuar bastante manuseio com o canudinho, ou seja, contato com a mão, os efeitos gerados mudam. Levante hipóteses sobre os possíveis motivos.

Momento 1

Roteiro Prática 7, Aula 2 - Eletroscópio de folhas e eletrosfóro

- Registre e/ou descreva os materiais que estão na mesa.
- Segurando a forma pelo cabo (cano de pvc), aproxime da bolinha de alumínio do eletroscópio de folhas. Relate os efeitos observados.
- Atrite a placa de pvc com a lã
- Coloque a forma de metal sobre a placa de pvc:
- Aproxime a forma da bolinha de alumínio o eletroscópio de folhas e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados
- Coloque a forma atritada em contato com a bolinha de alumínio do eletroscópio de folhas e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Coloque o dedo sobre a bolinha de papel alumínio do eletroscópio de folhas e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados. Ao efetuar bastante manuseio com o canudinho, ou seja, contato com a mão, os efeitos gerados mudam? Se sim, levante hipóteses sobre os possíveis motivos

Momento 1

Roteiro Prática 8, Aula 2 - Eletroscópio de folhas e eletróforo

- Registre e/ou descreva os materiais que estão na mesa.
- Segurando a forma pelo cabo (cano de pvc), aproxime da bolinha de alumínio da garrafa de Leyden. Relate os efeitos observados.
- Atrite a placa de pvc com a lã.
- Coloque a forma de metal cobre a placa de pvc:
- Aproxime a forma da bolinha de alumínio da garrafa de Leyden e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Coloque a forma atritada em contato com a bolinha de alumínio da garrafa de Leyden e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados
- Coloque o dedo sobre a bolinha de papel alumínio da garrafa de Leyden e relate detalhadamente todo o processo e os efeitos observados.
- Ao efetuar bastante manuseio com o canudinho, ou seja, contato com a mão, os efeitos gerados mudam. Levante hipóteses sobre os possíveis motivos?

ROTEIROS EXPERIMENTAIS APLICADOS AS EQUIPES

Nomes:

n.º:

Data:

Realizar registros para cada um dos experimentos seguindo as seguintes orientações:

Leia atentamente roteiro experimental e realize experimento em equipe; descreva detalhadamente quais foram os processos realizados; descreva quais foram os efeitos observados; levante hipóteses sobre os possíveis motivos; para realizar as anotações, além da descrição na forma de texto, utilize de cores, gravuras, desenhos, tabelas e demais anotações que achar pertinente; levando em conta os seguintes aspectos:

- i. Tente explicar de que forma estas interações acontecem.
- ii. Pensando na composição dos materiais, levante hipóteses sobre os possíveis motivos e como as interações acontecem. E se é diferente para os diferentes materiais.

Momento 2

Experimentos do Momento 3, Aulas 10 a 12, têm como base os trabalhos de Cortel (1999).

Roteiro Prática 9, Aula 6 - Prévia momento 2: Dialogo sobre o funcionamento de uma balança.

- Registre os materiais que estão na mesa
- Registre as figuras presentes no quadro.
- Acompanhe o que o professor faz e siga as instruções.
- Observe a medida do prato vazio e registre massa.
- Observe a medida do prato cheio sobre a balança e registre massa (massa bruta).
- Realize o cálculo e encontre a apenas a massa do conteúdo do prato cheio (massa líquida), registre.
- Aplique o conceito de força peso: $\vec{P}: \vec{P} = m \vec{g}$, ou em módulo $P: P = m g$, para descobrir qual a força aplicada, pela força de compressão
- Registre a força.
- Observe a medida da massa líquida sobre a balança e registre.
- Sem os recipientes sobre a balança, observar o que ocorre quando o colega efetua leve pressão com o dedo sobre o prato da balança, registre.
- Eleja um membro da equipe para aplicar com o dedo sobre a balança uma força equivalente a força peso aplicada pela massa líquida dos passos anteriores. Registre a força aplicada com o dedo sobre a balança:
- A natureza das forças aplicadas sobre a balança é diferente?
() sim () não
- Novamente, acompanhe o que o professor faz e siga as instruções (tarar prato vazio). Agora, um de cada vez e com calma, retirar uma guloseima do prato. Registre o que está acontecendo com a informação no visor da balança.

Momento 2

Neste Momento 2, cada equipe realizar a mesma prática em sua respectiva vez, temos trabalho de estudo para equipe enquanto as demais equipes realizam o experimento.

Roteiro prática 10, aula 7 - Demonstrações da Lei de Coulomb com Balança Eletrônica – Dependência com o inverso do quadrado da distância

Introdução

Ao realizar a prática experimental seguindo o roteiro, e levando em conta o diagrama de corpo livre, podemos perceber como o vetor força elétrica atua na esfera inferior paralelo ao vetor força de compressão, o visor da balança traz um valor para intensidade da interação em unidades de massa, por exemplo, gramas, quilogramas etc. Porém, a força que é exercida sobre o prato da balança é dado em unidades força, por exemplo, newton. Assim, ao utilizar uma balança, o visor vai mostrar o quanto de massa se tem num determinado corpo, mas para se determinar o valor da força sobre ela, em módulo, é necessário utilizarmos a segunda lei de Newton: $F = m \times a$, onde m é a massa F é a força de compressão em módulo e a é a aceleração da gravidade g .

Prática: É aconselhável fazer as medições rapidamente, pois as esferas podem descarregar.

-Coloque uma das esferas sobre a balança e tire sua tara.

-Carregue as esferas.

-Mova a esfera superior gradualmente, registrando na Tabela 1 os valores da distância dada em mm, leitura de massa dada em g na balança. Faça a conversão da distância dadas em mm por m e massa dada em g por kg e a força em newtons.

Tabela 1: Registro da massa e distância medidas com a variação da esfera superior.

d (mm)	d (m)	m (g)	m (kg)	F (N)
0 mm (encostadas)				

-Com os dados monte um gráfico $F \times D$ no papel milimetrado.

O gráfico:

É representado por uma reta ou por uma curva? _____

É crescente ou decrescente? _____.

Pensemos na seguinte situação:

$$\frac{1}{d^n}$$

Em que se n for um número positivo maior que 0, à medida que d aumenta, obtemos como resultado da operação, valores cada vez menores, ou seja, obtemos um gráfico decrescente, o expoente n nos dá o gráfico curvo.

Logo, o módulo da força F é proporcional a $\frac{1}{d^n}$, ou seja

$$F \propto \frac{1}{d^n}$$

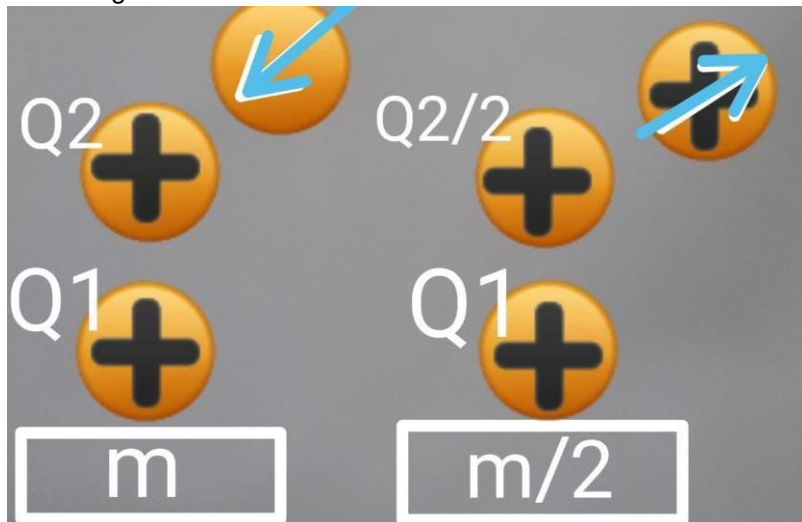
Momento 2

Roteiro prática 11, aula 8 - Demonstrações da Lei de Coulomb com Balança Eletrônica – Dependência com o produto das cargas

Roubando a carga

Agora, podemos mostrar que quando a carga em uma das esferas é diminuída pela metade, obtemos uma leitura diferente para força, obtendo assim a relação entre a grandeza força elétrica e a grandeza carga elétrica. Para tal, carregue as esferas e as distancie, anote a leitura da balança na Tabela 2. Em seguida, coloque uma terceira esfera descarregada em contato com esfera superior, metade de sua carga será “roubada”, como representado na Figura abaixo.

Figura: Transferência de metade da carga da esfera superior para a carga descarregada.



Fonte: O autor

Registre a leitura na Tabela a seguir. Os valores da distância dada em mm, leitura de massa dada em g na balança. Faça a conversão da distância dadas em mm por m e massa dada em g por kg e a força em newtons.

Tabela 2:Registro da massa e distância medidas com a variação da esfera superior.

D (mm)	d.(m)	m (g)	m (kg)	F (N)

Realize novamente o procedimento, agora colocando a esfera descarregada em contato com a esfera inferior, e registre a leitura na Tabela 3. Os valores da distância dada em mm, leitura de massa dada em g na balança. Faça a conversão da distância dadas em mm por m e massa dada em g por kg e a força em newtons.

Tabela 3:Registro da massa e distância medidas com a variação da esfera superior.

D (mm)	d.(m)	m (g)	m (kg)	F (N)

Comparando as Tabelas 2 e 3 obtemos que o decréscimo na carga foi de $Q/2$ e o decréscimo na intensidade da força elétrica também foi proporcional, isto é, também caiu.

A lei de Coulomb

Charles-Augustin de Coulomb nasceu na França em 1736, utilizou uma balança de torção para medir a intensidade da força elétrica atuante sobre duas cargas elétricas colocadas a uma determinada distância uma da outra. A partir desta experiência ele verificou a Lei de Coulomb, assim denominada em sua homenagem.

Ela determina a força de interação elétrica entre materiais portadores de cargas.

$$\vec{F} = K_0 \frac{Q_1 Q_2}{d^2} \hat{r},$$

Observando a Tabela 1, se antes de tirar os dados do experimento colocamos as esferas superior e inferior em contato, ou seja, as esferas encostadas, linha um da Tabela 1, podemos admitir que ambas têm a mesma carga elétrica:

$$Q_1 = Q_2 = Q$$

Logo, podemos escrever a lei de Coulomb da seguinte forma.

$$F = \frac{K_0 \cdot Q^2}{d^2}, \quad \text{Ou ainda:} \quad Q = \sqrt{\frac{F \cdot d^2}{K_0}}.$$

Utilizando a proposta acima, e utilizando uma das linhas de medidas da Tabela 1. Encontre qual é, aproximadamente, a carga de cada uma das esferas eletrizadas.

$$Q = \underline{\hspace{2cm}} \text{ C}$$

Momento 3

Experimentos do Momento 3, Aulas 10 a 12, têm como base os trabalhos de Nunes F. (2020), Marcondes (2017), Assis (2010), Assis (2018) e Saad et al. (2020).

Roteiro prática 12, aula 10 – O campo elétrico – prática com o ferrador de Van der Graff

Nomes:

n°:

Data:

Realizar registros para cada um dos experimentos seguindo as seguintes orientações: Leia atentamente roteiro experimental e realize experimento em equipe; descreva detalhadamente quais foram os processos realizados; descreva quais foram os efeitos observados; levante hipóteses sobre os possíveis motivos; para realizar as anotações, além da descrição na forma de texto, utilize de cores, gravuras, desenhos, tabelas e demais anotações que achar pertinente; levando em levanto em conta os seguintes aspectos:

- i. Tente explicar de que forma estas interações acontecem.
- ii. Pensando na composição dos matéria, levante hipóteses sobre os possíveis motivos e como as interações acontecem. E se é diferente para os diferentes materiais.

Momento 3

Roteiro prática 12. O campo elétrico – Prática com o gerador de Van der Graaff;

- Registre e/ou descreva os materiais.
 - Aproxime a esfera menor da parte metálica superior do gerador de Van der Graaf, descreva o que ocorre.
 - Observe o que ocorre quando o professor cola as fitas de papel alumínio com o gerador desligado e descarregado, descreva.
 - E com o gerador ligado, descreva.
 - Levante hipóteses sobre os possíveis motivos.
-
- Agora pensemos sobre a atração e/ou repulsão que ocorre sem o contato, ou seja, a distância. Para facilitar consideremos um objeto eletrizado e fixo, em cada ponto do espaço a força é vetorialmente diferente? Explique.
 - Como podemos imaginar isso no espaço? Explique.
 - Agora, observando o experimento proposto pelo professor, tente fazer uma figura que represente os vetores força em cada ponto do espaço

6 APARATOS UTILIZADOS

A seguir temos um roteiro simplificado de como montar os aparatos utilizados nas práticas propostas. Construídos com materiais acessíveis, por meio dos quais podemos produzir e observar fenômenos básicos da eletricidade.

6.1 Materiais utilizados nas Práticas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9,10 e 11.

Na Figura 17 apresentamos os materiais utilizados: canudos; Guardanapo; disponibilizado na bancada:

Figura 17: Canudos e Guardanapo



Fonte: O autor

6.2 Materiais utilizados nas Práticas 1, 3, 4, 9, 10 e 11.

Na Figura 18 apresentamos os materiais utilizados: Papeis; Bolinhas de isopor; disponibilizado na bancada:

Figura 18: Papeis e Bolinhas de isopor

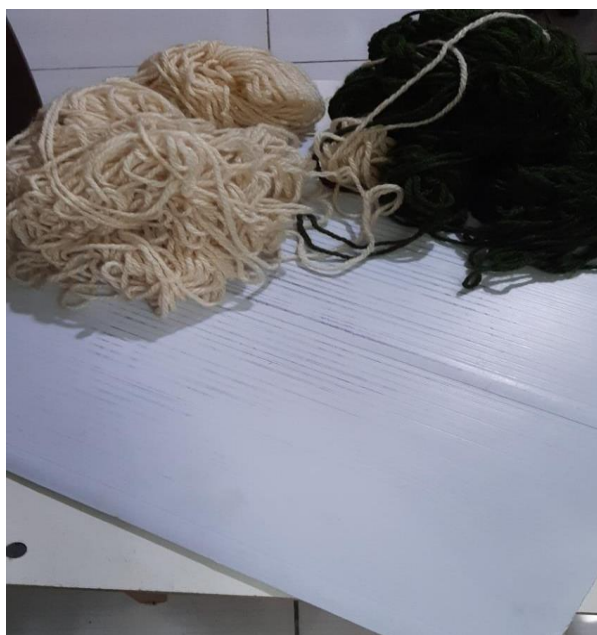


Fonte: O autor

6.3 Materiais utilizados nas Práticas 7, 8, 9, 10 e 11

Na Figura 19 apresentamos os materiais utilizados: Lã; Placa de PVC frisado branco 4,00x0,20m; disponibilizado na bancada:

Figura 19: Lã e placas de PVC



Fonte: O autor

6.4 Aparato Prática 2. Canudinho suspenso, pêndulo de torção

Na Figura 20 apresentamos o aparato utilizado: o suporte cano, gap e cotovelos PVC $\frac{3}{4}$ parafusados em madeira; (1) ; o fio (2); e canudo (3); disponibilizado na bancada:

Figura 20: Aparato Prática 2. Canudo suspenso, pêndulo de torção

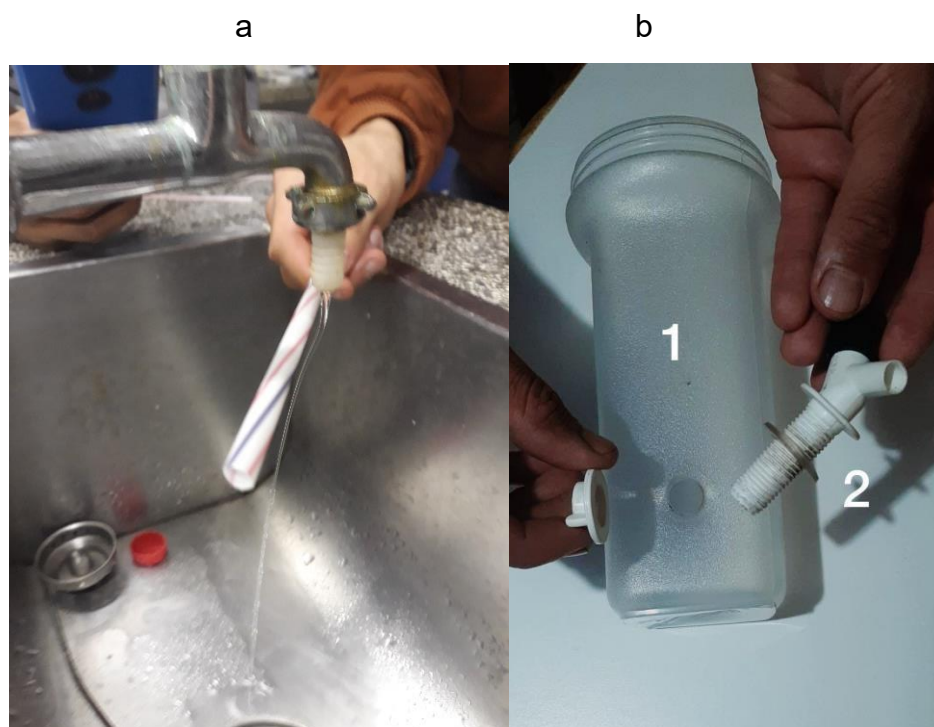


Fonte: O autor

6.5 Aparato prática 3. Filete de água

Na Figura 21 apresentamos o aparato utilizado: Torneira; Canudinho; disponibilizado na bancada:

Figura 21: Filete de água



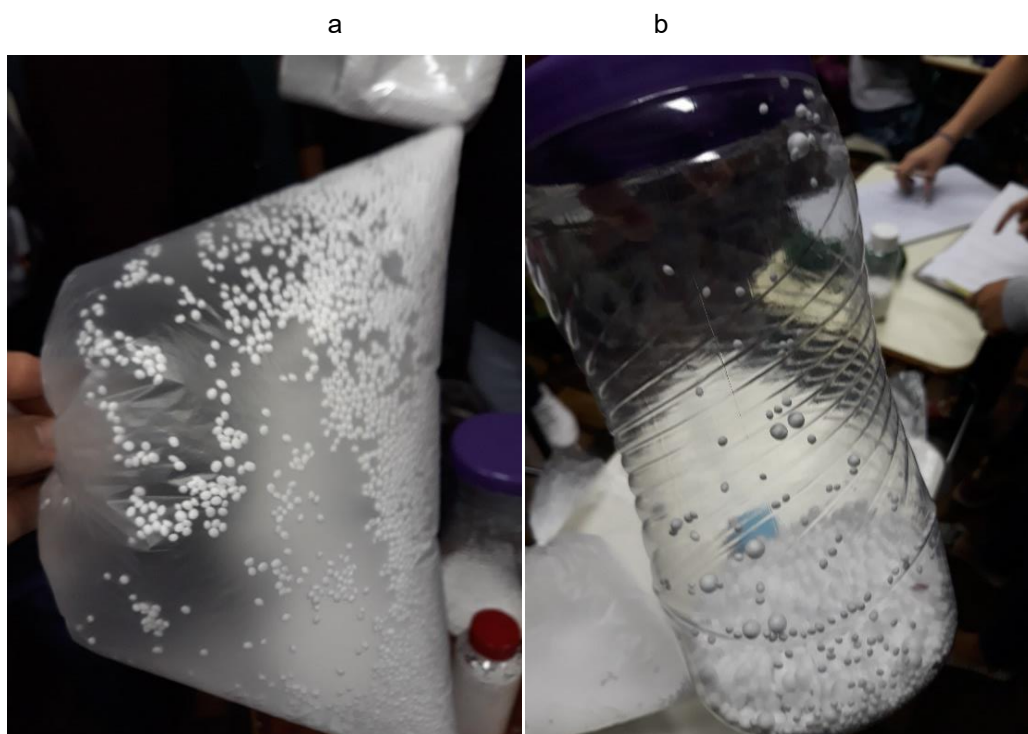
Fonte: O autor

Caso não se disponibilize de uma torneira para realizar o experimento como na figura 21a, pode-se montar um aparato como na figura 21b em que se utiliza um frasco(1) e através de um furo próximo a base encaixa-se uma torneira de bebedouro (2).

6.6 Aparatos prática 4. Bolinhas de Isopor

Na Figura 22 apresentamos o aparato utilizado: Saco plástico transparente, bobina saco plástico picotado (Figura 22a); Frasco PETI com tampa (Figura 22b); disponibilizado na bancada:

Figura 22: Recipientes isolantes com isopor no interior



Fonte: O autor

Na figura no interior de um saco plástico inflado colocamos bolinhas de isopor e fechamos, na figura b colocamos bolinhas de isopor no interior de um frasco PETI com tampa.

6.7 Aparato práticas 5 e 7. Garrafa de Leyden.

Na Figura 23 apresentamos o aparato utilizado: (1) ; frasco PETI; (2), papel alumínio, (3), fio de cobre disponibilizado na bancada:

Figura 23: Garrafa de Leyden



Fonte: O autor

A garrafa de Leiden é constituída por um frasco de material dielétrico com dois eletrodos, uma lâmina de metal forra a parte interna e outra a externa; Ligada na lâmina interna, uma haste condutora que atravessa a tampa isolante do frasco;

6.8 Aparato práticas 6 e 8. Eletroscópio de folhas;

Na Figura 24 apresentamos o aparato utilizado: frasco; o papel alumínio; fio de cobre; disponibilizado na bancada:

Figura 24: Eletroscópio de folhas

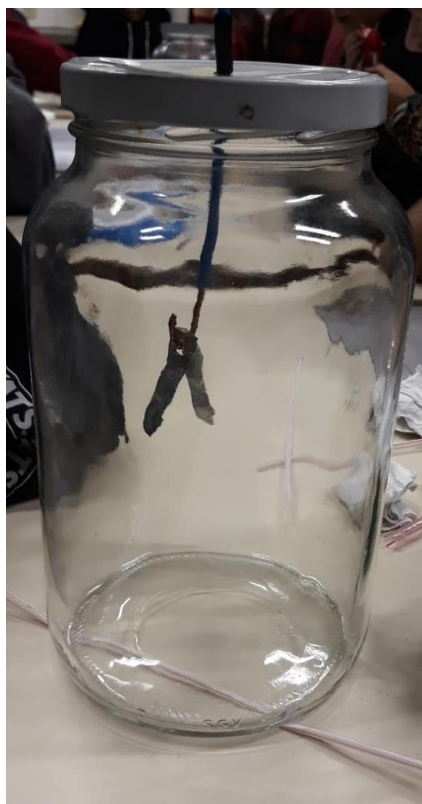


Figura 24 – fonte: O autor

Gilbert estudou sobre eletrização utilizando o versorium, primeiro eletroscópio. Atribui-se ao britânico Abraham Bennet (1749-1799) o primeiro eletroscópio de folhas. O eletroscópio de folhas é um instrumento que consiste em um frasco que apresenta uma haste condutora com duas folhas metálicas; Em um recipiente isolante, atravessa-se a tampa com um condutor retilíneo, com a parte inferior em forma de gancho, onde coloca-se duas pequenas laminas de papel alumínio.

6.9 Aparato prática 7, 8, 9, 10 e 11. eletróforo;

Na Figura 25 apresentamos o aparato utilizado: Tubo de pvc soldável 25mm (1); Forma de pizza (2); disponibilizado na bancada:

Figura 25: Eletróforo

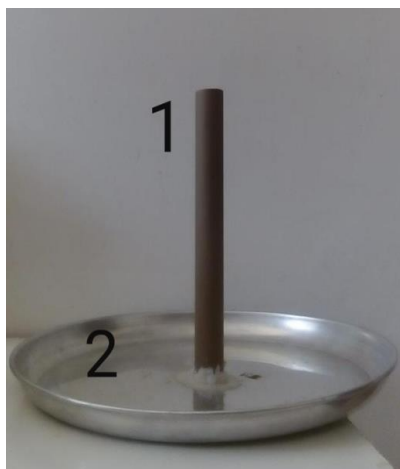


Figura 25 – fonte: O autor

Proposto pelo sueco Johan Carl Wilcke em 1762, o eletróforo também é creditado a Alessandro Volta. Consiste em um disco metálico munido de um cabo isolante. E é eletrizado por um material isolante previamente eletrizado por atrito.

6.10 Aparato prática 9. Um diálogo sobre o funcionamento de uma balança.

Na Figura 26 apresentamos o aparato utilizado: Balança analítica(1); Conjunto, bolinha de natal e suporte de PVC(2); disponibilizado na bancada:

Figura 26: Balança



Figura 26 – fonte: O autor

6.11 Aparato prática 10 e 11. Demonstrações da Lei de Coulomb com a balança eletrônica

Na Figura 27 apresentamos o aparato utilizado: Balança analítica sobre suporte de madeira(1); bolinhas de natal de vidro metalizadas(2); bolinhas de natal de vidro metalizadas(3); linha, anzol sem ponta(4); tubos pvc 25mm, gap 25mm, joelho soldável 25mm, pistão com rosca(5); régua de alumínio(6); disponibilizado na bancada:

Figura 27: Aparato demonstração da lei de Coulomb

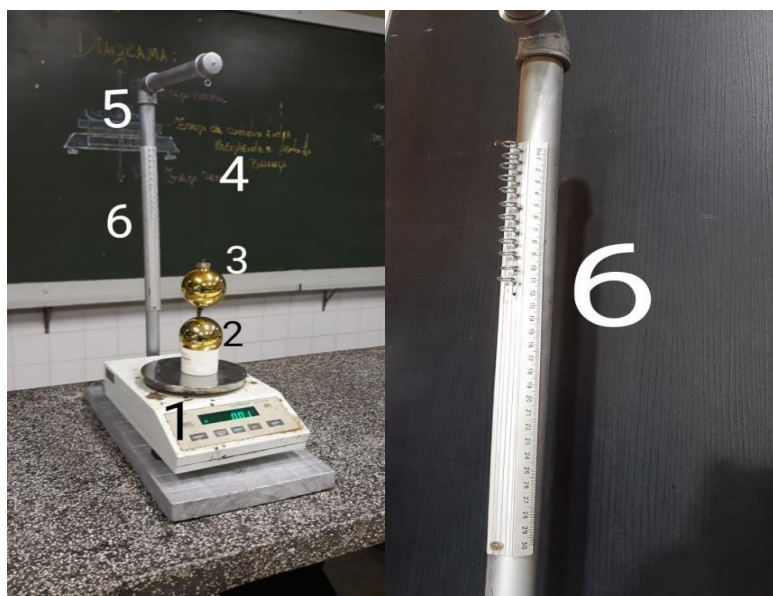


Figura 27 – fonte: O autor

A régua deve ser fixada no suporte, e nela pistões de tal forma que, ao mudar o anzol, que está em uma extremidade da linha, de pistão, a esfera superior, que está na outra extremidade da linha muda sua altura, proporcionalmente, em relação a esfera inferior. Como os pistões estão sobre as medidas da régua, é prático ver a mudança de distância entre as esferas.

6.12 Aparato prática 12. O campo elétrico – Prática com o gerador de Van der Graaff.

Na Figura 28 apresentamos o aparato utilizado: Suporte de madeira; dois gap 150mm; tubo de PVC 150mm; tubo pvc 25mm; eixo bike; cubo de bike com rolamentos; fios de flexíveis cobre; porcas; arruela; rolamentos de skate; eixo; polias, Papel EVA para fabricação da correia; fita veda rosca (politetrafluoretileno); motor elétrico (Utilizamos motor doméstico para máquinas de costura: 7000 Rpm 100 W); papel alumínio; prato vidro; azeite cozinha; sementes de grama; fios ligados as escovas do gerador;

Figura 28: Gerador de Van der Graaff

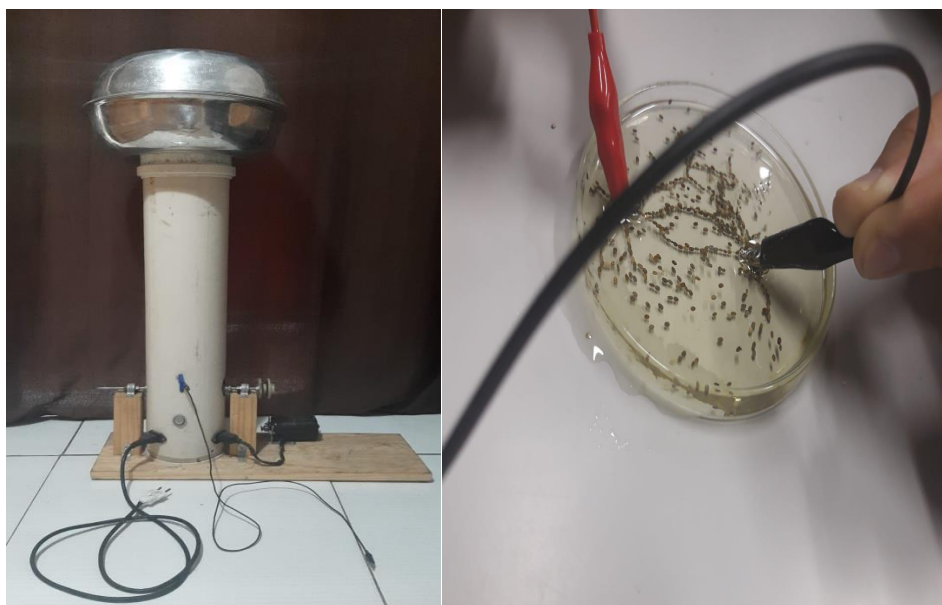


Figura 28 – fonte: O autor

Uma máquina eletrostática que foi inventada pelo engenheiro americano Robert Jemison van de Graaff em 1931, Gerador de Van de Graaff.

Para construir o Gerador nos embasamos nos trabalhos de Nunes F. (2020), Marcondes (2017) e o vídeo Como Fazer Um Gerador Van De Graaff (FICOU DE ARREPIAR), (disponível em: <https://youtu.be/XGNsSshWzzA>, acesso: dez. 2020).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

.A partir da pesquisa, frequentemente profissionais de ensino tem se deparado com novas alternativas, determinar a melhor escolha diante da realidade pode ser decisivo na vida dos estudantes. Por meio deste, oferecemos uma opção, da qual temos expressivos indícios de que pode surtir bons resultados.

Pois nossa intenção ao elaborar as práticas, é permitir que o aluno possa explorar os fatos, e sentir-se motivado pela própria curiosidade, tomando suas responsabilidades diante o próprio aprendizado, buscando elementos dentro de seu conhecimento prévio que o auxiliem nessa jornada, desvendando o processo de diálogo do que ele já sabe com as novas descobertas, tornando assim sua aprendizagem significativa. O disposto produto em sua organização, está dividido em momentos e subdividido em práticas, o professor que assim achar pertinente, pode aplicar apenas parte compatível com sua realidade.

Tendo que o produto educacional DA ELETRIZAÇÃO À INTERAÇÃO A DISTÂNCIA é fruto de um trabalho de pesquisa em relação ao tema escolhido e também da pesquisa também da própria prática, o objetivo é que a sequência didática apresentada se torne uma alternativa, com grande potencial, para o ensino dos conceitos relacionados aos que foram tratados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

Assis, A. K. T.: Os Fundamentos Experimentais e históricos da Eletricidade.. Montreal: Apeiron, 2010.

Assis, A. K. T.: Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade. Volume 2. Montreal: Apeiron, 2018.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: Lei número 9394, 20 dez. de 1996, Brasília: Senado Federal, 1996.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais de Educação Básica. Brasília, 2013. 565p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15_5_48-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192>. Acesso; 19/08/2018.

BRASIL, MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 2002. 144p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso; 20/08/2018.

CRUZ, G. B. da . A prática docente no contexto da sala de aula frente às reformas curriculares. Educar em Revista , v. 29, p. 191-205, 2007.

CORTEL, A. Demonstrations of Coulombs Law with an Eletronic Balance. THE PHYSICS THEACHER. Barcelona Espanha, Vol. 37. p.447-448, Oct. 1999.

DOMINGUEZ, M. E. Significados Atribuídos aos conceitos de Campo elétrico e Potencial Elétrico Por Estudantes de Física Geral. Maturin, Venezuela, dez. 1988

FEYMANN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**. 3. ed. Porto Alegre, Bookman, 2008.

FREIRE, P; SHOR, I. Medo e ousadia. O cotidiano do professor. Tradução de Adriana Lopez; revisão técnica de Lólio Lourenço de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1986.

FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. 50. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011. GREF-Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Física 3. EDUSP-Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1999.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. Fundamentos de física. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2009 vol 3;

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física. 9. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2014. 400p.

HEWITT, P, G; Física Conceitual, Editora Bookman, 2015.

KRAPAS, S.; SILVA, M. C. Controvérsia ação a distância/ação mediada: abordagens didáticas para o ensino das interações físicas. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 471-479, 2007.

MOREIRA, M.A; MASINI, E.A.F. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes. 1982.

MOREIRA, M.A. Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física. Porto Alegre: Editora da Universidade. 1983

MOREIRA, M.A; BUCHWEITZ, B. Novas estratégias de ensino e aprendizagem. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 1993.

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa. Brasília: Editora da UnB.2006

MOREIRA, M.A. Aprendizaje significativo: teoría y práctica. Madrid: Visor. 2006

MOREIRA, M.A., CABALLERO, C. Y RODRÍGUEZ P., M.L. Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje. Burgos: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos. 2004.

MOREIRA, M.A. Aprendizaje significativa crítica. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. 2005

MOREIRA, M.A. Mapas conceituais e diagramas V. Porto Alegre: Ed. do Autor.2006.

MOREIRA, M.A. e MASINI, E.A.F. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. 2ª ed. São Paulo: Centauro Editora. 2006.

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

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino aprendizagem em ciências/física. Porto Alegre. 1º versão.2016.

NOVAK, J.D; GOWIN, D.B. Learning how to learn. New York: Cambridge University Press. 1984.

NEWTON. I. Principia - Princípios Matemáticos de Filosofia Natural. Nova Stella/Edusp, São Paulo, 1990. Livro I: O Movimento dos Corpos. Tradução de T. Ricci, L. G. Brunet, S. T. Gehring e M. H. C. Celia.

NOVAK, J.D. e Gowin, D. B. (1995). Aprendendo a aprender. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução do original Learning how to learn.

NUNES FILHO, J. M. A.; Guia experimental para o estudo da eletrostática eletroscópio- eletróforo- capacitor cilíndrico- garrada de leyden- gerador de van de graaff. São Luís.2020.

PhET – Simulações Interativas Em Ciências E Matemática. John-Travoltagem. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/john-travoltagem>. Acesso: dez/2018.

POLITO, A. M. M. A construção da estrutura conceitual da física clássica. MNPEF, 2016.

ROCHA, Marcio Oliveira. O Conceito de Campo no Eletromagnetismo: Uma Unidade de ensino potencialmente significativa. Dissertação (dissertação MNPEF) Espírito Santo. 2015.

ROCHA, Jose Fernando. Origens e Evolução das Idéias da Física. 5º. ed. [S. l.]: EDUFBA, 2015. 374 p.

SEARS, Francis Weston; ZEMANSKY, Mark Waldo; YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. 12. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2008-2009 vol 3;

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene, Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 2, 5a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

Como Fazer Um Gerador Van De Graaff (FICOU DE ARREPIAR), [s.l.; s.n.], 2015, 1 vídeo (14 min). Publicado pelo canal X Projetos. Disponível em: <https://youtu.be/XGNsSshWzzA>, acesso: dez. 2020.

WAGNER FILHO, R. V. L. Investigação do Conceito de Campo nos Livros Didáticos de Física do PNLD- Produções Didático Pedagógicas. Cadernos PDE, V.2,Paraná, 2014.

SÉRIE
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

VOLUME 1 – **Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms**
Wanderley Marcílio Veronez, Gelson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 2 – **O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna**
Marilene Probst Novacoski, Luiz Américo Alves Pereira, Gelson Biscaia de Souza

VOLUME 3 – **Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday**
Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – **Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol**
Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – **Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano**
Gustavo Trierweiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – **Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária**
Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – **Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton**
Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – **O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais**
Ademir Krepi Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – **Física Nuclear e Sociedade**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – **Conceitualização e Simulação na Dinâmica do Movimento**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – **Montagem de um Pannel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua**
Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – **Nas Cordas dos Instrumentos Musicais**
Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – **O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas**
Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –
Tomo I – **Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física**
Tomo II – **Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii**
Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – **O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos**
Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 16 – **Acústica: Uma Nova Melodia de Ensino**
Elano Gustavo Rein, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 17 – **Caderno de Orientação a Educadores para a Transformação da Horta como Eixo Norteador de Ensino e Aprendizagem**
Roberto Pereira Strapazzon Bastos, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 18 – **Proposta de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para o Ensino de MRU e MRUV Utilizando Experimentos Visuais**

Gustavo Miguel Bittencourt Morski, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 19 – **Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea**

Marcos Damian Simão, André Maurício Brinatti

VOLUME 20 – **Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas**

Luís Carlos Menezes Almeida Júnior, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 21 – **Uma Proposta de Aplicação do Ensino de Termodinâmica no Ensino Fundamental I**

Cláudio Cordeiro Messias, Paulo César Facin

VOLUME 22 – **Uma Proposta de Ensino dos Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com Lâmpadas**

Evandro Luiz De Queiroz, Antônio Sérgio Magalhães de Castro, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 23 – **Produção de um Aparato Experimental para Medição de Campo Magnético Usando Arduino**

Ivonei Almeida, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 24 – **Um Pouco Sobre a Natureza das Coisas**

Robson Lima Oliveira, André Maurício Brinatti

VOLUME 25 – **Equilibrium: Uma Abordagem Experimental e Contextualizada do Conceito de Equilíbrio dos Corpos**

Osni Daniel De Almeida, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 26 – **Como Medir a Temperatura do Sol? Inserindo Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio**

Vilson Finta, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 27 – **Elaboração de um Produto Educacional para a Materialização de Conceitos no Aprendizado de Óptica Geométrica Aplicada às Anomalias da Visão**

Danilo Flügel Lucas, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 28 – **Entendendo as Fases da Lua a Partir de um Material Instrucional Baseado no Método de Orientação Indireta**

Pâmela Sofia Krzysynski, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 29 – **“PEPPER’S GHOST”: Como Ensinar/Aprender Conceitos de Física Através de uma Simples Ilusão de Óptica**

Tomo I - **Caderno do Professor**

Tomo II - **Caderno do Aluno**

Gilvan Chaves Filho, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 30 – **O Movimento: do Clássico ao Relativístico**

Josué Duda, André Maurício Brinatti

VOLUME 31 – **Uma Sequência Didática Abordando a Eficiência Energética: Economizando Energia na Cozinha.**

Tomo I - **Caderno de Ensino**

Tomo II - **Caderno de Aprendizagem**

Rosivete Dos Santos Romaniuk, Julio Flemming Neto

VOLUME 32 – **Armazenamento e Produção de Energia Elétrica: Uma Abordagem para seu Estudo no Ensino Médio**

Jairo Rodrigo Corrêa, Silvio Luiz Rutz da Silva, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 33 – **Palestras de Astronomia para a Educação Básica**

Sergio Freitas, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 34 – **Experimentos em Eletromagnetismo**

Lorena de Lima Auer, Gelson Biscaia de Souza, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 35 – **Ensino de Termologia com a Utilização de Metodologias Ativas e Programação Neurolinguística**

Michel De Angelis Nunes, Silvio Luiz Rutz Da Silva

VOLUME 36 – **Kit Eletricidade Prática: Uma Abordagem Construtivista por meio da Aprendizagem por Investigação**

André Felipe Astrogildo De Lima, Sérgio da Costa Saab

VOLUME 37 – **Simulações em Planilhas Eletrônicas do Microsoft Excel: Botões de Rotação como Ferramenta Auxiliar no Estudo do Campo Elétrico**

Gaspar Gilmar Romaniuk, Paulo Cesar Facin, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 38 – **Da Eletrização à Interação a Distância**

José Felipe Hneda, André Mauricio Brinatti

VOLUME 39 – **Refração da luz sem o Uso de Laser: Uma Proposta de Sequência Didática Baseada em Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino de Refração da Luz**

Elisiane Campos Oliveira Albrecht, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 40 – **Cinemática com uso de Planilhas Eletrônicas Excel®**

Jair Ribeiro Junior, Paulo César Facin, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 41 – **Proposta de Ensino de Óptica da Visão Para o Ensino Médio**

Francieli Jaqueline Noll Della Vechia, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 42 – **Guia de uma Aplicação PBL**

Franciele Pastori, Silvio Luiz Rutz da Silva, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 43 – **Conhecendo o Arco Íris**

Gabriel Roberto Garcia Levinski, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 44 – **Contribuições de uma Sequência de Atividades no Processo de Ensino e Aprendizagem de Tópicos de Gravitação Universal na Educação Básica**

Emerson Pereira Braz, André Vitor Chaves de Andrade, André Maurício Brinatti

VOLUME 45 – **Missão Aeroespacial Ultra Secreta (M.A.U.S.)**

Luis Henrique Mendes De Souza, Silvio Luiz Rutz da Silva

Atribuição-NãoComercial-
Compartilhagual 4.0 Internacional



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UEPG
Universidade Estadual
de Ponta Grossa

PPG  **F**
ensino de física

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROPESP