

O PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

MÁQUINAS ELETROSTÁTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA
EDUCACIONAL PARA MOTIVAR O ENSINO DE FÍSICA CONDUZIDA POR UMA
APRENDIZAGEM SOCIOCULTURAL

JORGE LUÍS MOURA LESSA

Material instrucional vinculado à dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no pólo 09, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.
Orientador: Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa.

MOSSORÓ

FEVEREIRO – 2020

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

L638m Lessa, Jorge Luís Moura Lessa. Máquinas eletrostáticas no ensino fundamental: uma proposta educacional para motivar o Ensino de Física conduzida por uma aprendizagem sociocultural / Jorge Luís Moura Lessa. - 2020.

171 f.: il.

Orientador: Geovani Ferreira Barbosa.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Física, 2020.

1. Eletrostática. 2. oficinas. 3. eletróforo.
4. máquina eletrostática. 5. aprendizagem sociocultural. I. Barbosa, Geovani Ferreira Barbosa, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

SUMÁRIO

Apresentação.....	5
1.1 PRODUTO EDUCACIONAL.....	6
1.1.1 Descrição das unidades com uso de textos de apoio e guias experimentais	6
Anexos.....	31
Sequência didática.....	42
Aula 1 - Questionário de receptividade e teste.....	42
Aula 2 - Apresenta informações históricas referentes às principais descobertas dos fenômenos elétricos e a constituição da matéria.....	43
Aula 3 - Condutores e isolantes.....	44
Aula 4 - Princípio da atração-repulsão, e eletrização por atrito e contato.....	45
Aula 5 - A eletrização por indução.....	47
Aula 6 - Campo elétrico.....	48
Aula 7 - Capacitores.....	50
Aula 8 – Eletróforos.....	51
Aula 9 - Máquina de Wimshurst e Chuva de Kelvin.....	56
Aula 10 - Questionário de receptividade e pré-teste.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE RECEPTIVIDADE E PRÉ-TESTE.....	62
APÊNDICE B - TEXTO DE APOIO.....	68
APÊNDICE C – PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	71
APÊNDICE D - PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	74
APÊNDICE E - PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	76
APÊNDICE F - PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	80

APÊNDICE G - TEXTO DE APOIO.....	82
APÊNDICE H- PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	84
APÊNDICE I – TEXTO DE APOIO.....	86
APÊNDICE J - TEXTO DE APOIO.....	88
APÊNDICE K – QUESTIONÁRIO ACEITAÇÃO E APLICABILIDADE DA PROPOSTA.....	90

1 - Apresentação

O material instrucional apresentado constitui o fruto do nosso esforço em desenvolver este trabalho. Neste percurso foi fundamental os apoios da CAPES, do Mestrado Nacional em Ensino de Física e do pólo 9 da Universidade Federal Rural do Semiárido, na cidade de Mossoró/RN. A proposta pedagógica apresenta uma sequência didática para o ensino de eletrostática voltada para a 8ª série do ensino fundamental.

O docente que queira usar esta proposta educacional em sala de aula, deve ter o domínio conceitual dos conteúdos da Física em eletrostática, descritos a seguir: Carga elétrica, força elétrica, campo elétrico, potencial elétrico e capacitores. Neste caso indicamos as seguintes referências bibliográficas: ANNA, B. S. *et al.* Conexões com a Física: Eletricidade - Física do Século XXI. Vol. 3. São Paulo: Moderna, 2010; BRAGA, MARCO; GUERRA, A.; REIS, J. C. Faraday e Maxwell: Eletromagnetismo da indução aos dínamos. São Paulo: Atual, 2004; SERWAY, R. A.; JEWET JÚNIOR, J. W. Princípios de física. São Paulo: Cengage Learning, 2008. (Eletromagnetismo, 3); SILVA, C. X.; ASSIS, A. K. T. Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade. São Paulo: Editora Livraria da Física 2011.

Para conceber este resultado consideremos a etapa de execução inicial desta proposta na Escola Municipal em Assu/RN mencionados nesta dissertação. Na ação didática seguimos no modelo apresentado por Monteiro et. al. (2010), foi aplicada a ferramenta na forma de oficinas de ensino, na qual os participantes assistiram aulas teóricas, leram e interpretaram textos temáticos, elaboram e realizam os experimentos facilitadores da aprendizagem dos conceitos mais fundamentais em eletrostática.

Para efetivar esta proposta metodológica foram realizados dez encontros durante o mês de julho de 2019, o primeiro e o último foram dedicados aos testes e questionários, que avaliaram a receptividade com a Física, a aceitação e aplicabilidade da proposta. Os testes analisaram as concepções informais da eletrostática: a carga elétrica, o campo elétrico e os capacitores. Do segundo ao sétimo encontro exploramos atividades para estabelecer as concepções científicas usuais a respeito da progressão dos produtos educacionais, para serem aplicados durante o oitavo e nono encontros, concretizados pelo eletróforo, a Máquina de Wimshurst e a Chuva elétrica de Kelvin.

1.1 PRODUTO EDUCACIONAL

O passo a seguir consiste na descrição do produto educacional, que está dividido em três unidades didáticas: Unidade 1 – O eletróforo, Unidade 2 – Máquina de Wimshurst e Unidade 3 – Chuva Elétrica de kelvin.

Cada unidade possui experiências relativas ao seu título. A sugestão sobre as abordagens do material obedece à sequência apresentada para revelar a evolução dos conceitos físicos envolvidos. Em sala de aula, as unidades são desenvolvidas na forma de atividades de demonstração de baixo custo, fáceis de montar. A partir da análise qualitativa dos experimentos, os alunos devem associar a teoria explorada aos fenômenos físicos observados.

Conforme o modelo apresentado por Monteiro et. al. (2010), cada experiência foi dividida em partes contendo: apresentação da atividade, procedimento de montagem e exploração em sala de aula. É imprescindível, na organização do procedimento experimental, o professor antecipadamente montar e testar o experimento.

Alguns cuidados devem ser tomados para o bom resultado das atividades práticas. Segundo Assis (2011, p. 5), experimentos em eletrostática funcionam bem em dias secos e frios. Já em dias quentes e úmidos ou, quando está chovendo, muitos efeitos esperados podem não ser observados ou então os fenômenos podem apresentar baixa intensidade, não sendo tão visíveis. Ele esclarece a importância de testar várias substâncias nos experimentos quando algum efeito não for observado com certo tipo de material.

Para o sucesso do experimento, o local onde a prática será realizada, não pode ter umidade alta. Isto é nas proximidades de reservatório de água (rios, lagoas, açudes) ou em salas com muita gente transpirando sem circulação de ar. Mesmo em casos assim, algumas alternativas permitem alcançar o fenômeno esperado: pode-se levar a turma por partes, para uma sala com ar condicionado, usar um secador de cabelo no material que será utilizado na experiência e não manusear o experimento de qualquer forma, pois as mãos podem estar impregnadas de sujeira com suor e gordura e causar falha no fenômeno observado.

1.1.1 Descrição das unidades com uso de textos de apoio e guias experimentais

As unidades estão divididas em tópicos referentes à apresentação da atividade, procedimento de montagem e exploração em sala de aula. Ao explorá-las, o professor deve realizar uma sondagem com perguntas que devem ser compreendidas por todos os estudantes. O uso de uma linguagem simples, adequada à maturidade dos alunos da oitava série do nível

fundamental, ajuda a envolvê-los, principalmente no momento inicial, que ligamos o cotidiano dos sujeitos aos fenômenos em estudo, isto concebe uma inter-relação percebida na forma como cada um vai se expressar para o professor ou grupo de alunos da sala.

A intervenção do professor na mediação do conhecimento deve integrar o assunto explorado na teoria em sala de aula com outras perguntas orientadoras da atividade experimental. Dessa maneira, durante o experimento é esperada a participação de todos com estabelecimento das interações sociais que integram o mundo do aluno ao conhecimento em estudo.

A importância didática deste trabalho deve aliar sua simplicidade e baixo custo para apresentar os processos de eletrização aos alunos. Ao mesmo tempo deve cativar o discente a discutir e explicar os fenômenos eletrostáticos presentes nas suas questões de vida, para que reconheça nestas manifestações contribuições históricas significativas para o desenvolvimento da eletricidade.

O potencial destas atividades oferece muitas possibilidades de discussão e análise em sala de aula. Em sua estruturação partimos de uma ação familiar para o aluno, em seguida é feito um confronto entre a teoria e prática do conteúdo estudado em sala de aula. Buscamos fazer a transposição desse conhecimento dentro da zona de desenvolvimento proximal dos alunos.

Unidade 1: Apresentação da atividade - O eletróforo de Volta

O eletróforo constitui um instrumento muito importante na história da eletricidade, ele é representado como uma máquina de acumular cargas eletrostáticas por indução. Sendo assim, este aparelho funciona igual a um pequeno gerador eletrostático, muito útil nos experimentos em virtude da sua simplicidade. Assis (2018, p. 123) relata que o dispositivo foi concebido a partir das idéias de Wilcke em 1762, que publicou em 1757, a primeira série triboelétrica da época. No entanto, sua melhora e popularização só aconteceram no ano de 1775, pelas idéias de Alexandro Volta. Foi esse inventor, que propôs o nome eletróforo, cujo significado é portador de eletricidade, ou ainda, a denominação de eletróforo perpétuo, dada sua característica de ser carregado diversas vezes e simultaneamente não descarregar a base eletrizada de forma considerável.

O essencial do eletróforo são as partes condutoras e isolantes. O aparato é simples, como mostrado na Figura 1, conta com uma placa de metal no formato circular, conectada em

seu centro por um cabo isolante - a função do disco é coletar cargas. O componente que inicia o processo de eletrização do eletróforo é uma placa isolante, útil para ser eletrizada de forma positiva ou negativa, conforme a série triboelétrica. O teste do aparelho é feito com pêndulos eletrostáticos, eletroscópios de folhas, lâmpada fluorescente e garrafas de Leyden.

Figura 1: Eletróforo: condutor preso ao cabo isolante e placa isolante.

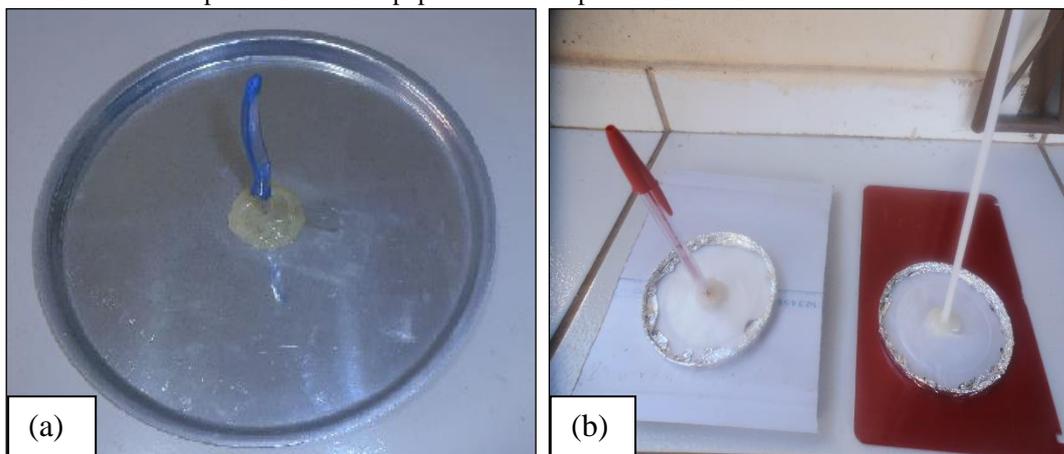


Fonte: Elaborado pelo autor

O prato metálico do eletróforo pode ser uma forma de pizza, Figura 2 (a) ou papel alumínio modelado para revestir uma estrutura no formato circular, Figura 2 (b), a tampa é coberta da sua base, até a face oposta, onde fica o cabo isolante. No experimento alternativo, reduzimos ainda mais o custo do aparelho, usando tampas plásticas de leite em pó, o formato circular evita a perda das cargas, restringe assim o fenômeno do poder das pontas.

Centralizamos no disco condutor um cabo isolante de escova para dentes, que pode ser, também, um canudo ou uma caneta de acrílico, este item é importante na operação, pois evita a descarga do eletróforo, quando for erguido pela mão. Nas montagens abaixo aplicamos cola tudo e depois cola quente para fixar os cabos no coletor de cargas.

Figura 2 - Modelos de eletróforos. Em (a) cabo de escova fixado ao prato metálico e em (b) cabo de canudo de refresco fixo a tampa revestida com papel alumínio e placas isolantes.



Fonte: Elaborado pelo autor

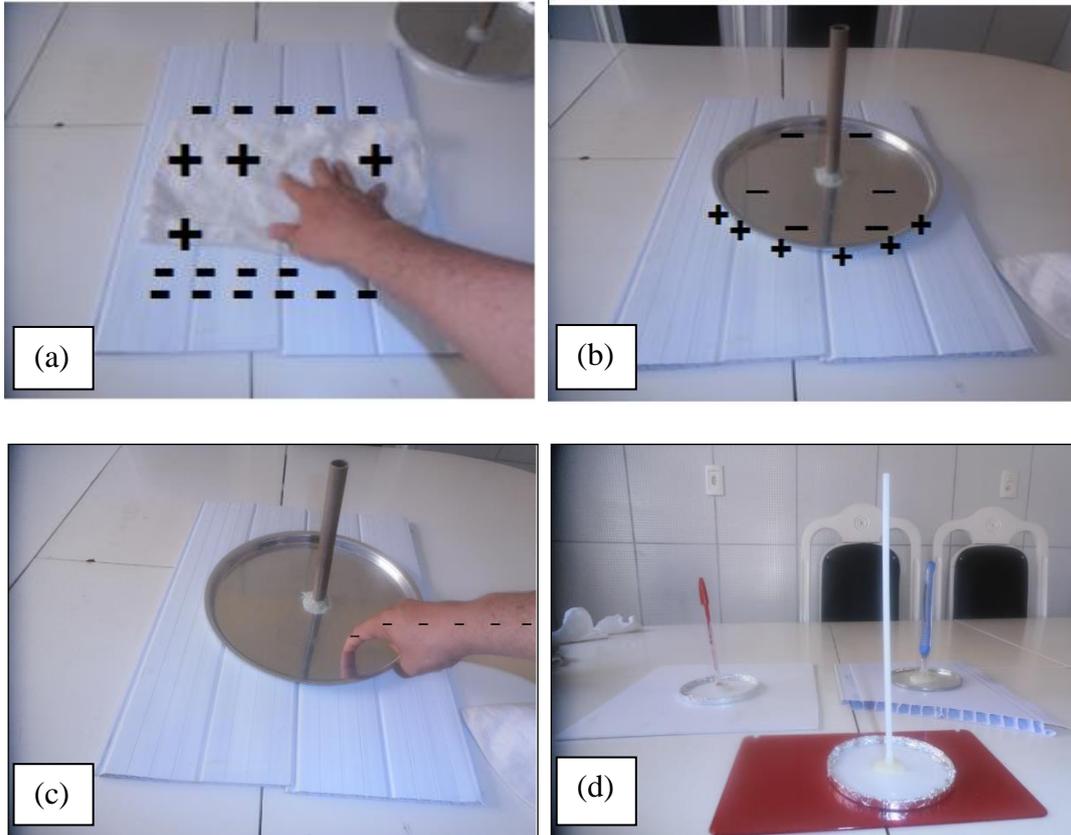
Usamos bases de PVC e acrílico com lados de tamanhos um pouco superior ao diâmetro do disco condutor.

Para carregar o eletróforo usamos inicialmente o processo de fricção entre a placa de PVC e uma flanela de algodão seca, Figura 3 (a). Conforme a série triboelétrica, o PVC fica eletrizado negativo e o algodão eletriza positivo. Em seguida põe-se o escudo – condutor - sobre a placa isolante, Figura 3 (b), pelo processo de eletrização por indução o disco metálico tem sua parte inferior polarizada de forma positiva e parte superior polarizada de maneira negativa. Na separação das cargas elétricas, aquelas de mesmo sinal que o PVC, vão para parte superior do disco, as cargas elétricas de sinal contrário da base metálica ficam distribuídas rente à superfície do PVC. Ao encostar o dedo na superfície do disco condutor o potencial do escudo é elevado, Figura 3 (c). Se o ambiente estiver escuro e silencioso, é possível ouvir e ver uma faísca, no momento que erguemos o disco metálico e aproximar um dos dedos da sua base, no fenômeno, o eletróforo se descarrega. Para recarregá-lo basta colocar o escudo novamente sobre a placa isolante em seguida tocar novamente na superfície do disco metálico com o dedo, não necessita mais atritar a flanela na base e a recarga pode ser repetida várias vezes.

A descarga do disco acontece porque ele é aterrado pela sua base metálica, pelo contato com o dedo da pessoa ligado a terra no processo de neutralização. Na tomada da nova carga do eletróforo, a base isolante carregada induz cargas opostas na base do disco condutor e cargas iguais à sua na superfície dele. No aterramento, o toque com o dedo na superfície do disco condutor neutraliza suas cargas superficiais, porém as cargas da sua base continuam atraídas pela base isolante e permanecem no metal. Quando o disco condutor é erguido pelo cabo isolante, as cargas da parte inferior são distribuídas por toda sua extensão. Tais cargas uma vez

armazenadas no coletor de cargas podem ser transportadas para outro condutor, que esteja isolado da terra. Na Figura 3 (d), mostramos eletróforos alternativos prontos para uso.

Figura 3 - Etapas para carregar o eletróforo. Em (a) temos a eletrização por atrito entre a placa isolante e a flanela de algodão, em (b) polarização do escudo nas partes superior e inferior, em (c) neutralização das cargas da superfície do escudo e em (d) eletróforos alternativos.



Fonte: Elaborado pelo autor

Na apresentação da fenomenologia desencadeada pelo estampido do eletróforo pode ser feita uma interação social na qual todos os participantes podem se envolver. Nesta interação, envolvemos os elementos chave da matéria em estudo: a carga elétrica e o campo elétrico.

Por que ao aproximar o dedo do eletróforo escutamos um estalo?

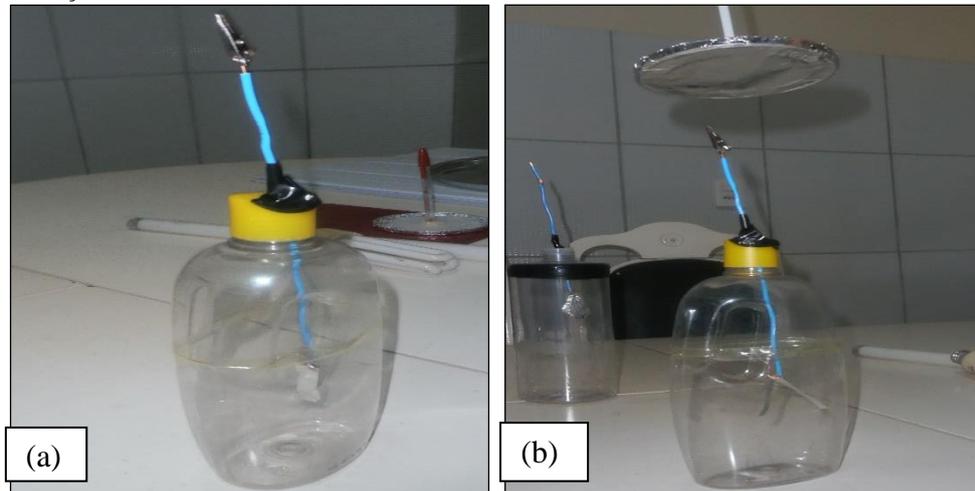
Você já tinha ouvido este som em algum lugar?

O que acontece quando aproximamos o braço da tela de uma tv de tubo, assim que ela ligada ou desligada?

Para tornar mais convincente a presença da carga elétrica no eletróforo, sugerimos outras demonstrações, que o professor pode explorar em sala. Na primeira delas instalamos uma ponta metálica na parte de cima do eletroscópio de folhas, mais detalhes desse aparelho ver Anexo p. 119, para simular um para raios, em seguida aproximamos o eletróforo carregado dela

sem encostá-lo. Evidenciamos um movimento nas folhas do eletroscópio, que no início estavam juntas e acabam afastadas uma da outra, esta sequência é visualizada pelas Figuras, 4 (a) e 4 (b).

Figura 4 - Etapas com o eletroscópio. Em (a) o eletroscópio está neutro, em (b) as folhas se afastam, estão carregadas por indução.



Fonte: Elaborado pelo autor

Alguns questionamentos podem ser levantados pelo professor explorando o fenômeno observado:

Por que as folhas do aparelho se moveram?

Que parte do aparato faz a função de para raios?

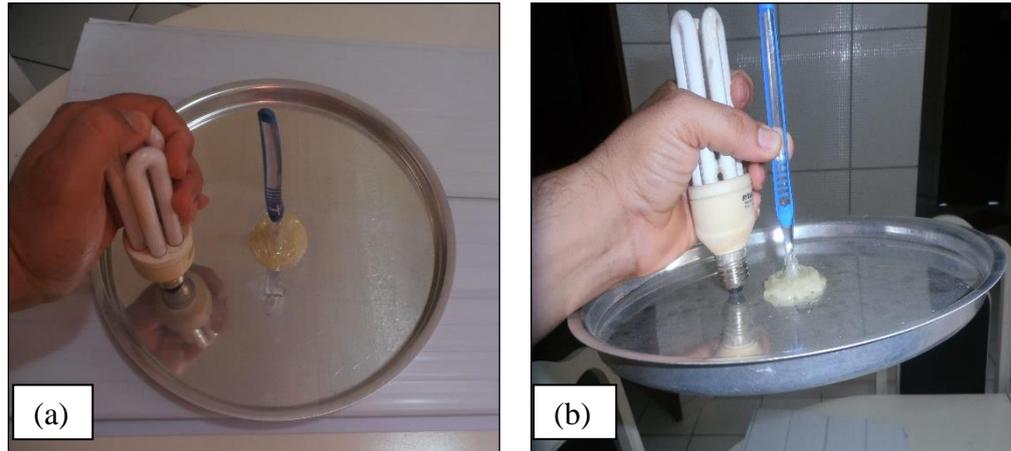
Qual componente faz papel de nuvem eletrizada?

Por que o local preferencial para o raio “cair” é no para raios?

A partir das respostas dadas pelos alunos, o professor pode desenvolver uma interação social dentro da zona de desenvolvimento proximal explicando o conceito de ionização. Em seguida, deve provocar os estudantes questionando: qual o agente seria capaz de provocar a ionização do ar? Os alunos devem perceber que a presença do eletróforo induz cargas na ponta do eletroscópio que vão eletrizar as folhas do eletroscópio com cargas elétricas de mesmo sinal causando o afastamento entre as duas. O eletróforo neste caso faz o papel de nuvem, porque está eletrizado, enquanto que a ponta do eletroscópio representa o para raios. Esta analogia com o para raios é uma forma de interação social, as contribuições relativas à sua composição metálica e de estar mais elevado nas construções deve despertar respostas por parte dos alunos, onde se verifica a preferência das descargas elétricas atingirem o para raios protegendo o entorno a sua volta.

Em outra experiência, na base eletrizada o eletróforo é carregado e posteriormente descarregado através de uma lâmpada fluorescente. Usamos lâmpadas pequenas e as de até 60 cm para facilitar o manuseio. Procedemos segurando a extremidade da lâmpada e encostando sua base na parte de cima do eletróforo. O procedimento pode ser feito tanto no momento de encostar o disco condutor na base, Figura 5 (a), ou quando erguemos o aparelho a partir dela.

Figura 5 - Momentos da carga em (a) e descarga em (b) do eletroscópio por meio de uma lâmpada fluorescente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos dois casos a lâmpada recebe uma descarga elétrica e emite uma luz repentina. O sucesso do experimento depende de um ambiente escurecido ou com pouca luz. O brilho emitido da lâmpada possibilita uma interação social. Podemos perguntar: *Por que a lâmpada brilha? Se a mão do experimentador serve só para segurar a lâmpada? Qual a outra função da mão?* O questionamento envolve uma resposta referente à passagem da carga elétrica do eletróforo para a lâmpada, em sua outra extremidade a mão tem a função de fio terra. Uma ação em torno desse objeto de estudo e dos sujeitos participantes envolve uma redefinição da tarefa proposta, na qual o professor pode fazer uma integração interdisciplinar entre a física quântica e a química, abordando dela o conteúdo referente às camadas eletrônicas dos átomos. O elemento base desta integração seria a descarga elétrica no gás, que gera um pulso de luz na lâmpada fluorescente.

A contextualização do fenômeno permite explorar o modelo corpuscular da luz nas camadas eletrônicas dos átomos. Consideramos cabível uma pesquisa direcionada à produção da luz no interior das lâmpadas fluorescentes e a teoria corpuscular da luz. No produto da pesquisa, os alunos descrevem pelo modelo atômico de Bohr, que a perda de energia com a emissão do fóton na forma de luz é explicada pelo salto do elétron para uma órbita mais próxima ao núcleo. A expectativa das respostas dadas pelos alunos em torno desta teoria deve tratar do

ganho de energia recebida pelos elétrons do gás dentro da lâmpada, permitindo seus saltos para órbitas mais energéticas, no retorno destas partículas para suas orbitas de origem, pacotes de luz - os fótons - são emitidos para sensibilizar outros elétrons dos átomos de fósforo que revestem a lâmpada espalhando a luz no espectro visível.

O potencial natural da atividade experimental nos leva a formulação das perguntas:

Por que o eletróforo é feito de materiais condutores e outros isolantes?

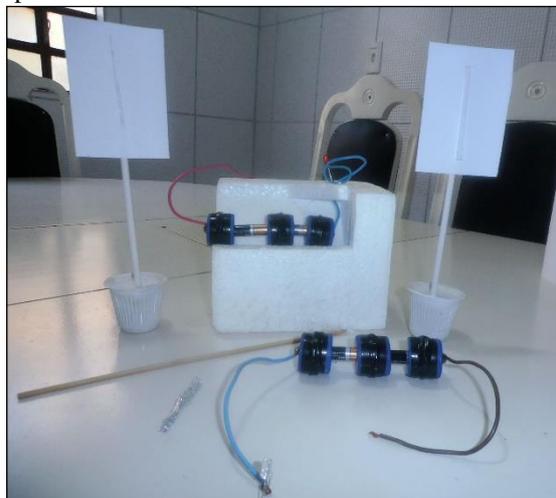
É possível eletrizar o disco condutor com o mesmo método utilizado para eletrizarmos a base?

Veja a importância de rebuscar a teoria outrora já apresentada dentro de sala de aula. É uma forma de interação social em torno do conceito dos materiais condutores e isolantes.

As respostas dos alunos devem deixar bem nítida a função dos materiais condutores e as dos isolantes presentes no aparato. Assim, devem perceber no caso da base condutora, que ela deve estar apoiada sobre um suporte isolante para impedir sua descarga para Terra.

As respostas devem ser compartilhadas pela interação entre os alunos e o professor dentro da atividade de forma direcionada as comprovações observadas através do experimento com demonstrações. O professor mediador deve explorar ao máximo as características do experimento com objetivo de se obter outras verificações experimentais e deixar mais rica a atividade pelas confirmações observadas. Na ocasião, duas pequenas exposições, Figura 6. No Anexo p. 112, dispomos duas montagens sobre materiais condutores e isolantes: uma com pilhas, fios e lâmpada e outra com eletroscópios feitos com cartolina, tira fina de papel seda, canudo e um suporte.

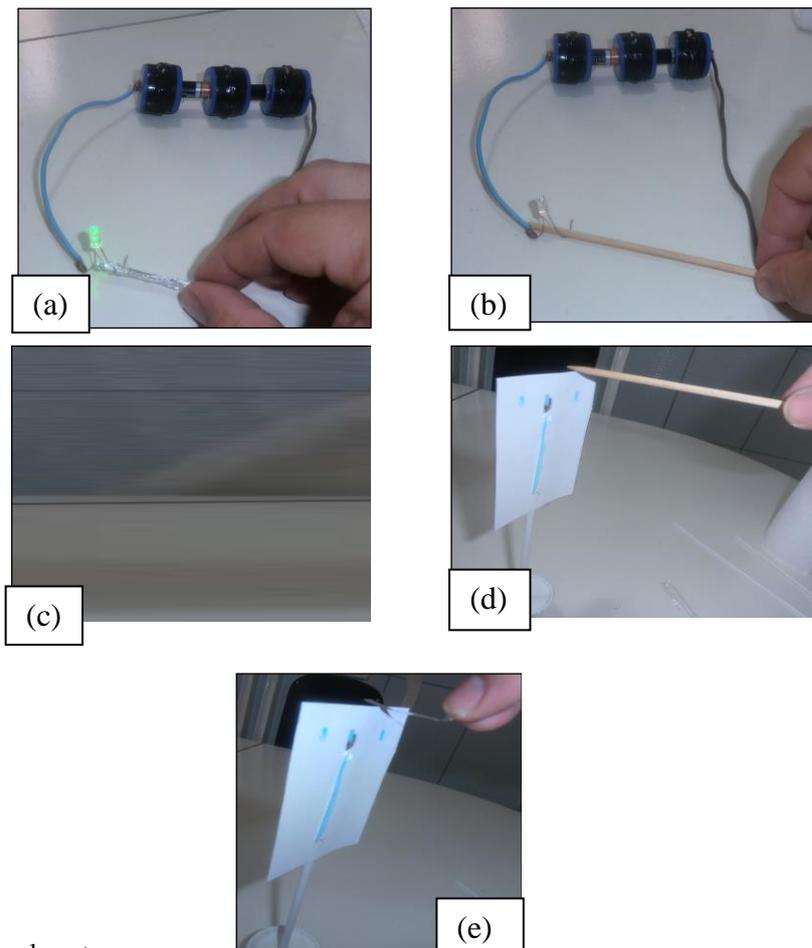
Figura 6 - Montagens para demonstração com uso da diferença de potencial e eletroscópios em matérias condutores e isolantes palito de madeira versus papel alumínio.



Fonte: Elaborado pelo auto.

Na atividade, os materiais papel alumínio e palito de madeira para churrasco serão testados, Figura 7 (a). O objetivo é verificar suas propriedades de condutor e/ou isolante em duas experiências. Na primeira delas, seguimos o modelo da diferença de potencial com duas pilhas de 1,5 V no circuito, Figura 7 (b). Testamos de início uma tira de papel alumínio e comprovamos a característica comum dos metais de agirem como condutores. No mesmo circuito, testamos o palito de madeira para comprovar seu comportamento como material isolante. A segunda experiência conta com um eletroscópio carregado, Figura 7 (c), para testar se descarrega com o mesmo palito de madeira e o papel alumínio. O método revela que o palito de madeira torna-se um condutor, Figura 7 (d). E o papel alumínio mantém sua característica de condutor descarregando o eletroscópio, Figura 7 (e). Ou seja, para experiências em eletrostática esta madeira crua funciona como material condutor.

Figura 7: Atividade experimental com materiais condutores e isolantes. Em (a) o papel alumínio conduz a eletricidade e o LED acende, em (b) o palito de madeira atua como isolante e o LED não acende, em (c) eletroscópio carregado, em (d) e (e) a madeira e o alumínio agem como condutores elétricos ao descarregar o eletroscópio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na interação social, os dois experimentos submetem as cargas elétricas da madeira a duas quantidades de energia. Tensões elétricas diferentes aplicadas ao palito de madeira

manifestam o comportamento como isolante e depois como condutor em cada caso. Além do mais, permite uma evidência notável das teorias científicas que é a de não ser formada por verdades absolutas, ou seja, um condutor é sempre condutor, porém um isolante nem sempre é um isolante. A mobilidade dos elétrons da celulose que compõe a madeira teve sua resistência elétrica reduzida quando foi submetida à uma tensão elétrica da ordem de 10^3 a 10^4 V. Conforme a explicação dada por Assis.

... é comum gerar-se nas experiências de eletrostática uma diferença de potencial da ordem de 1.000 V até 10.000 V entre um canudo plástico atritado e a Terra, entre um eletroscópio carregado e a Terra, ou entre as extremidades de um corpo (quando se quer testar se este corpo se comporta como um condutor ou como um isolante). Para estas altas diferenças de potencial vem da experiência que a madeira e o vidro comum se comportam como condutores. Por outro lado, para baixas diferenças de potencial como aquelas geradas pelas pilhas, de 1 V até 10 V, vem que estes materiais se comportam como isolantes. Isto indica que deve se tomar cuidado ao classificar os materiais em isolantes e condutores. Afinal de contas, o comportamento das substâncias depende não apenas de suas propriedades intrínsecas, mas também da diferença de potencial externa a que estão submetidas. Este é um aspecto muito importante que não deve ser esquecido. (ASSIS, 2011, p. 151).

A eletrização do eletróforo admite outras interações sociais na busca de respostas para as perguntas: Por que é preciso friccionar o papel contra base de PVC? É possível saber se o eletróforo está carregado de forma positiva ou negativa? Na pergunta inicial são estabelecidas situações em torno dos conceitos de eletrização por atrito, depois do conceito de trabalho (pelo esforço realizado no contato entre as superfícies do papel e da placa) para criar uma diferença de potencial, tornando evidente o princípio da conservação da energia. A segunda pergunta permite uma exploração da série triboelétrica. Na oportunidade o professor mediador pode fazer uma análise da origem do sinal dessas cargas usando a mesma série com que sinal o eletróforo e a base ficarão eletrizados.

Segundo Monteiro (2010, p. 18) a carga elétrica acumulada no eletróforo não veio do plástico e sim por intermédio do seu corpo. Para entender o funcionamento do dispositivo consideramos que o plástico da base uma vez eletrizado é comparado a uma fonte de energia, pois não perde sua capacidade de atrair as cargas elétricas do disco metálico que fica posicionado acima dela. A energia adquirida pelo eletróforo vem do trabalho realizado pela pessoa para afastar o disco do plástico. Esse trabalho fica armazenado no disco sobre a forma de energia potencial eletrostática. Outro tipo interação pode ser aquele que envolve a eletrização

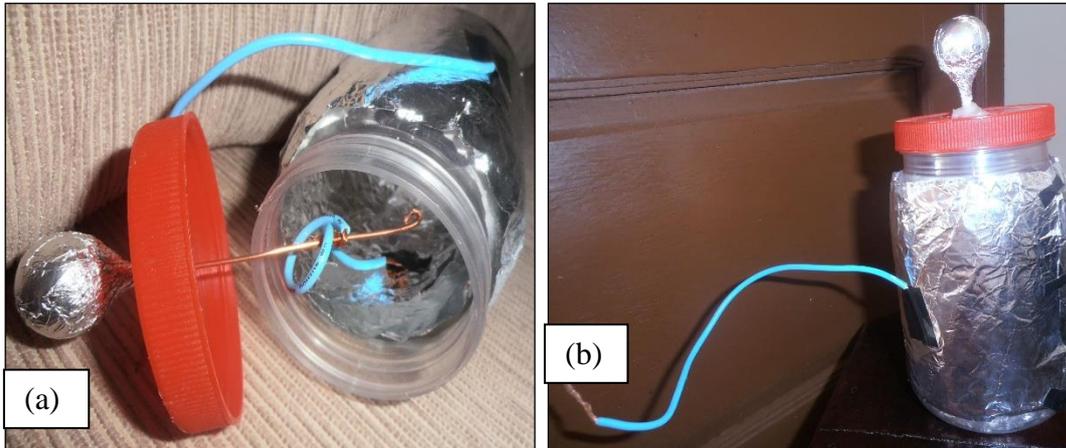
pelo método da indução, lançando mão da pergunta: Por que é preciso encostar o disco condutor na base isolante? Qual deles é o indutor? Qual representa o induzido? Para que serve em seguida tocar sua parte superior com o dedo? Em suas respostas, os alunos devem perceber que o contato entre a placa isolante e o disco do eletróforo polariza suas cargas deixando a base do disco com sinal oposto ao da placa isolante, mas sua parte superior polarizada com o sinal igual ao da base. Deve ficar claro, que a base não passa cargas, pois é um isolante, ela apenas faz papel de corpo indutor e o disco condutor representa o corpo induzido. O contato do dedo em cima do eletróforo serve de aterramento para neutralizar suas cargas induzidas na superfície do disco metálico.

Para explorar a eletrização por contato e o mecanismo de atração e repulsão, buscamos uma atividade prática apresentada na série manual do mundo. Na atividade o apresentador se vale de uma panela, um fio de isolante, uma porca e o eletróforo. O aparato é bem chamativo de forma visual e sonora. De um lado fica a panela, no extremo dela está o eletróforo e entre os dois o pêndulo formado pelo fio isolante é presa a porca metálica. O eletróforo eletrizado é aproximado da porca que é atraída e eletrizada por contato, em seguida é repelida pelo princípio da repulsão elétrica. Ao ser afastada, a porca faz contato com a panela neutra e descarrega, e retorna para fazer novo contato com o eletróforo para ser repelida e descarregada no processo de vai e vem até descarregar o eletróforo. O professor mediador pode lançar mão das questões envolventes do porquê de a porca ir e voltar, do tipo de eletrização no momento do contato entre a porca e eletróforo, bem como, qual processo de eletrização permite à porca carregar a panela.

Outra interação envolve a introdução de conhecimentos prévios sobre os capacitores, presentes em diversos aparelhos eletrônicos em nosso uso contemporâneo. Um capacitor tem a função de armazenar energia elétrica para uso futuro. A sua primeira versão era conhecida como garrafa de Leyden, ver em Anexo p. 123. Pode-se instigar a curiosidade da turma ao enxergarem a garrafa de Leyden com as perguntas: Vocês conhecem uma máquina de dá choques para fazer o coração voltar a funcionar normalmente?

É provável que muitos conheçam esta máquina, porém é difícil falarem seu nome técnico - desfibrilador cardíaco - muito presente nos hospitais e ambulâncias. No apêndice, o professor pode fazer uma abordagem transversal entre a física e a biologia explorando o texto “Choques que salvam vidas”. Em seguida o professor apresenta a garrafa de Leyden (capacitor) por dentro e por fora, Figuras 8 (a) e 8 (b). Depois mostra aos alunos uma interação com o eletróforo descarregando-o algumas vezes no capacitor.

Figura 8 - Estrutura da garrafa de Leiden. Em (a) vista da parte interna com fio azul conectando o papel alumínio a haste que transpassa a tampa vermelha, em (b) vista da parede externa revestida com papel alumínio e fio azul preso a sua estrutura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No contato do eletróforo com o capacitor, aproximar um dos dedos do eletróforo. Em seguida perguntar: Para onde foi a carga do eletróforo? Como é possível saber o destino desta carga?

Da primeira pergunta espera-se respostas no sentido de perceberem que a carga ficou armazenada na garrafa de Leyden, esta é a sua função básica. Na segunda interação, o mediador pode pedir a um dos discentes para segurar a garrafa e tocar na esfera, ao receber o choque eles devem ficar convencidos do fenômeno em questão. Outra opção para constatar a descarga elétrica é usar uma lâmpada para emitir um brilho súbito.

Unidade 2: Apresentação da atividade – Máquina de Wimshurst

A oportunidade de montar uma máquina de Wimshurst constitui uma excelente ocasião para reproduzir experimentos históricos e testar conceitos em eletrostática. O endereço eletrônico <http://faiscas.com.br/wimslabtype.html> propicia excelentes contribuições sobre este equipamento, dentro destas perspectivas construímos uma máquina de Wimshurst como parte deste produto educacional.

As elevadas tensões e quantidades de energia geradas nesta máquina propiciam um cuidado especial, é preciso considerar o risco de choque desagradável por descuido. Tomadas as devidas precauções, como isolar o local e a manipulação feita pelo ou na presença do sujeito mais experiente, os perigos são minimizados.

Semelhante ao eletróforo, esta máquina funciona pelo princípio da indução elétrica, formada por um par de discos de material isolante, colocados próximos um do outro para girar em sentidos opostos, Figura 9. No movimento, cargas dos setores de alumínio são separadas nos extremos dos discos e multiplicadas à medida que eles giram. Isto faz o potencial relativo entre os extremos dos mesmos crescer exponencialmente, até que ocorra a ruptura dielétrica do ar ocasionando faíscas. Na prática o sucesso da máquina está atrelado a outras variantes das quais destacamos: o material utilizado, sua instalação e as condições ambientais em que o aparelho entra em funcionamento.

Figura 9 - Estrutura da Máquina de Wimshurst.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O material empregado no equipamento alternativo consiste de: discos de CD ou DVD, uma forma de alumínio, fios rígidos de 1 mm, ligas de borracha, garrafas PET de 250 e 510 ml, tampas de garrafa PET, um eixo de aço de 4 mm, arame de 2 mm, madeirito e uma polia, Figura 10.

Figura 10 - Material aplicado na montagem da máquina de Whinshurst.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para efeitos complementares, consideramos significativo montar um inventário como apresentado na tabela 1, com materiais, suas dimensões, lugares onde podem ser obtidos e possíveis locais onde será manipulado. A intenção deste procedimento é reunir em primeiro plano todas as peças da futura máquina de Wimshurst, para só depois começar a montá-la. A ideia de propor este modelo associa a mobilização de várias habilidades do experimentador com a transformação da montagem da máquina em um momento que seja menos cansativo e o mais didático possível.

Tabela 1: Avaliação da proposta de ensino pelos alunos. Quantidade de acertos de cada aluno no pré-teste e no pós-teste.

Material	Dimensões	Onde se obtém	Onde ou como se manipula
Alumínio	Diâmetro de 32 cm	Forma de pizza descartável	Recortar em formato triangular
Recipientes PET	250 e 510 ml	Supermercados	Serão usadas como suportes, eixo inferior e capacitores.
Eixo de aço	4 mm	Raio de motocicleta, Grades de geladeira ou churrasqueira.	Usar serra com arco para cortar ferro. Será o eixo para os discos
Fio rígido de cobre	1 mm	Lojas de material de construção ou elétrico.	Constituirão os coletores e neutralizadores
Tampas de garrafa PET	3 cm	Em recipientes de PET	Serão as polias superiores.

Correias de borracha	Diâmetro 8 ou 9 cm	Lojas de material escolar.	Conectam o eixo dos discos a polia.
CDs ou DVDs	4 mm espessura 12 cm diâmetro	Lojas de informática ou supermercado.	Serão os pares de eletróforos.
Madeirito	4 mm	Lojas de material de construção ou madeireira.	Será à base da máquina.
Papelão	1 e 5 mm de espessura	Caixas de papelão.	Será a polia inferior.
Arame	3 mm	Lojas de material de construção	Será a manivela.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para preparar e montar a máquina de Wimshurst será feita uma descrição de cada componente. Os discos são dois CDs ou DVDs dos quais se retirou a cobertura, Figura 11.

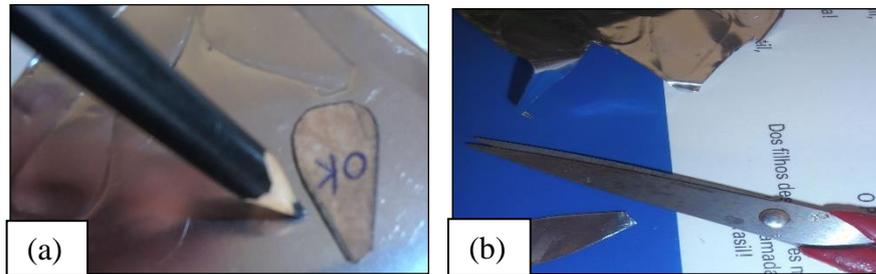
Figura 11- Discos sem cobertura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os setores de alumínio foram moldados a partir da forma de pizza. Primeiro desenhou-se em uma caixa de sapatos um triângulo com lados (2,8 x 2,8 x 1,4 cm) e as pontas foram arredondadas. Este molde foi contornado com um lápis sobre a base de alumínio para obtermos os setores metálicos, Figura 12 (a), que em seguida foram destacados da base com auxílio de uma tesoura, Figura 12 (b).

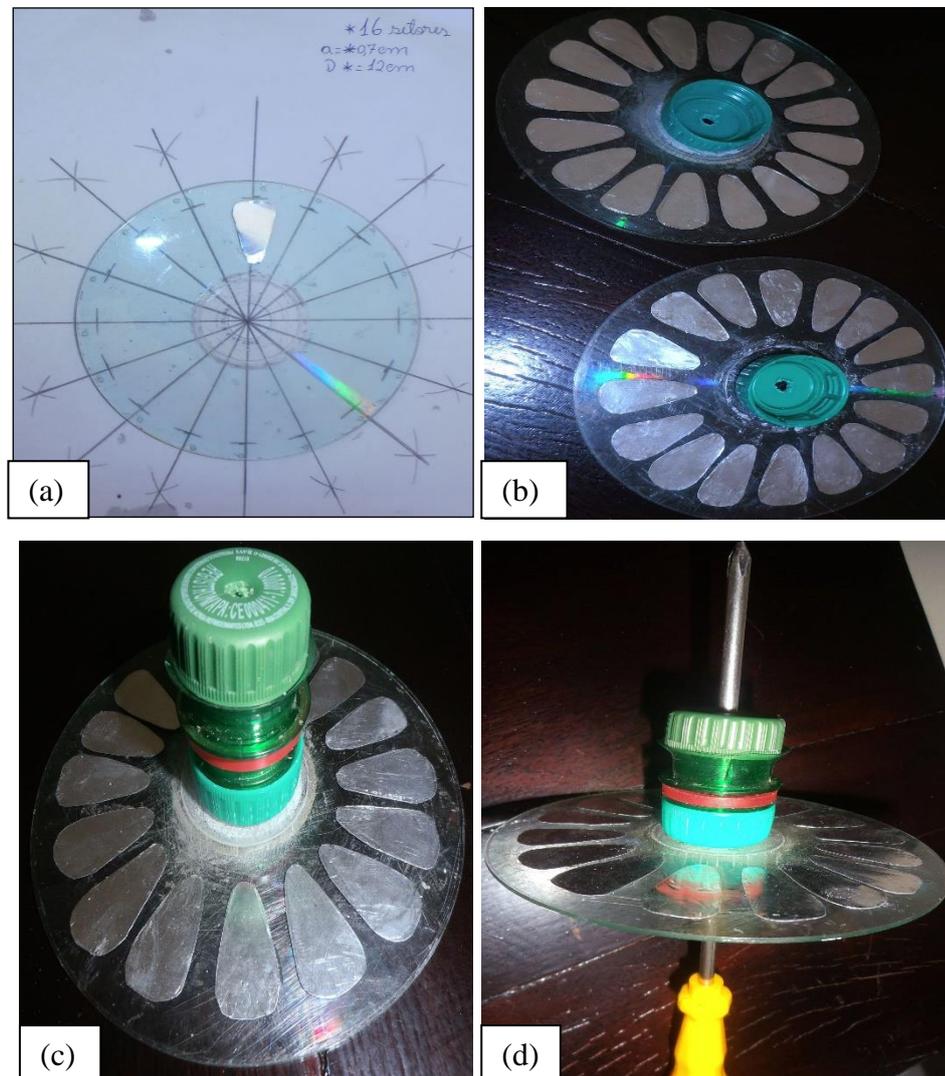
Figura 12: Moldagem dos setores. Em (a) contorno dos setores na base de alumínio e em (b) retirada dos setores com tesoura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para montar a estrutura eixo e CDs, iniciamos fixando 16 setores de alumínio, a 0,7 cm da borda externa da extremidade em cada disco. No centro dos discos fixamos uma rosca e duas tampas oriundas de garrafas PET. Para fixá-las, primeiro aplicamos colas à base de cianoacrilato (cola tudo) e depois cola para isopor. A sustentação dos setores nos discos seguiu de início com o desenho no papel da circunferência do CD ou DVD, nela foram traçados oito diâmetros de 12 cm, sobre estes extremos, nós fixamos os setores, Figura 13 (a). Tomamos o cuidado de não deixar resquícios da cola de cianoacrilato na parte superior de nenhum dos setores de alumínio para não dificultar a eletrização resultante do seu atrito com os neutralizadores. Para montar as polias superiores, que vão receber o eixo de aço, perfuramos o centro da superfície das tampinhas de garrafa PET, duas delas tiveram as superfícies lixadas e coladas no ponto central de cada disco, Figura 13 (b). Nas tampas presas aos discos enroscamos a parte superior das garrafas PET, que foram previamente contadas. Para finalizar a polia, o outro lado do gargalo é colado na base da segunda tampinha, Figura 13 (c). O conjunto é alinhado pelo método representado na Figura 13 (d), a partir dele elevamos o eixo na vertical e o giramos rente à altura dos nossos olhos, observamos o alinhamento entre a superfície da tampinha de cima e o plano horizontal ao fundo só então aplicamos a cola, isto deve evitar oscilações no disco. Outro método consiste em colar a tampinha perfurada no disco, que ainda não teve a cobertura retirada, e girar para saber se está alinhado, só então retiramos a proteção dos discos e colamos os setores.

Figura 13 - Montagem dos discos com setores para receber o eixo. Em (a) Forma de fixar setores no círculo, em (b) setores e tampinha aderidas aos discos, em (c) base da segunda tampinha na rosca e em (d) modelo para centralizar conjunto tampinhas, rosca e disco ao eixo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre a base de madeirito de dimensões 21 x 40 cm, colamos duas garrafas de 510 ml, elas representam as torres de sustentação dos discos. Destacamos nesta base, Figura 14, uma linha em vermelho entre as torres e há 1,5 cm dela um corte de 7 cm paralelo ao traço para encaixar a polia inferior e o eixo que ira recebê-la. O passo-a-passo para montar a polia é descrito no Apêndice p. 128.

Figura 14 - Montagem das torres de sustentação na base e o eixo para polia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Posicionamos o eixo inferior na base utilizando uma garrafa PET de 510 ml, para firmá-la empregamos um fio rígido, bitola 2,5 mm, Figura 15 (a). Os discos foram montados nas torres e para evitar o toque entre dois usamos um separador de plástico de 2 mm. A Figura 15 (b) apresenta os discos com o separador, às polias e o eixo de aço posicionados nas torres sobre a base de madeirite.

Figura 15: Posicionamento dos eixos inferior e superior na base. Em (a) eixo inferior de garrafa PET e em (b) posicionamento dos discos ligados nas torres com polias ao eixo de aço.

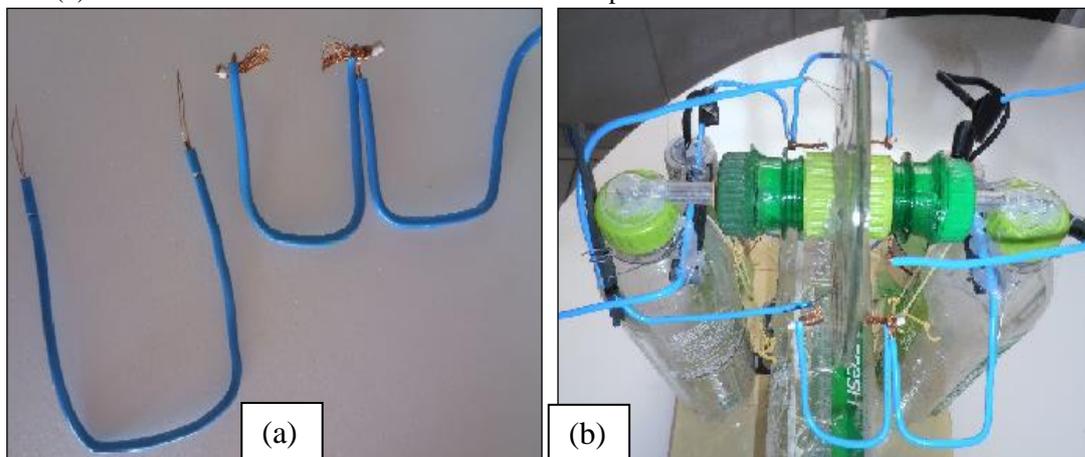


Fonte: Elaborado pelo autor.

Para fazer os neutralizadores e coletores, usamos um fio rígido, bitola 1 mm. Nas pontas do neutralizador prendemos fios flexíveis de cobre do tipo cabinho, são as escovas, Figura 16

(a), recurso fundamental no processo de eletrização por atrito junto aos setores de alumínio presos nos discos, que giram. As duas extremidades de cada neutralizador são ajustadas nos discos para formar ângulos de 90° em relação às pontas do neutralizador que está disposto no lado oposto do outro disco. Os coletores metálicos, Figura 16 (a), recebem em um dos seus extremos fios de cobre flexíveis com pontas voltadas para a parte interna da sua curvatura. Tais estruturas devem ficar próximas aos setores dos discos a uma distância de 2 a 3 mm, sem tocá-los. A posição dos coletores e neutralizadores nas torres até os limites dos discos estão ilustradas na Figura 16 (b).

Figura 16 - Neutralizadores e coletores para máquina de Wimshurst. Em (a) preparo dos neutralizadores e coletores e em (b) neutralizadores e coletores instalados das torres para os discos.

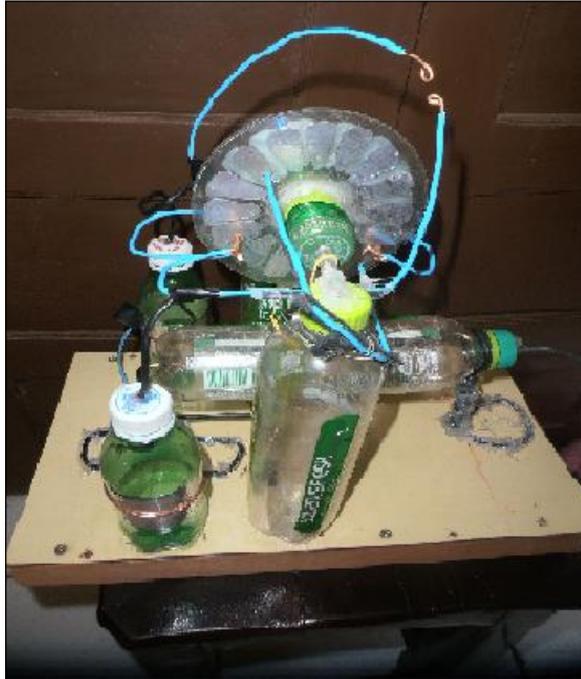


Fonte: Elaborado pelo autor.

No preparo das garrafas de Leyden usamos recipientes PET de 250 ml. Uma vez fixadas na base de madeirito, elas são ligadas em série por um fio de cobre, bitola 1 mm. A parte superior destes capacitores é conectada aos coletores de cargas, cujo cume forma os terminais de descarga. É deste ponto que pode ser observado as faíscas elétricas.

A máquina entra em funcionamento quando giramos a manivela, ligas de borracha fazem a transmissão do movimento do eixo inferior para o superior dando início ao processo de conversão de energia mecânica em elétrica perceptível pelas faíscas nos terminais de descarga. Convém lembrar que os processos eletrostáticos devem ser realizados em ambientes com baixa umidade para uma maior eficiência das descargas elétricas. A Figura 17 mostra a máquina de Wimshurst depois da montagem completa.

Figura 17- Máquina de Wimshurst pronta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Exploração em sala de aula

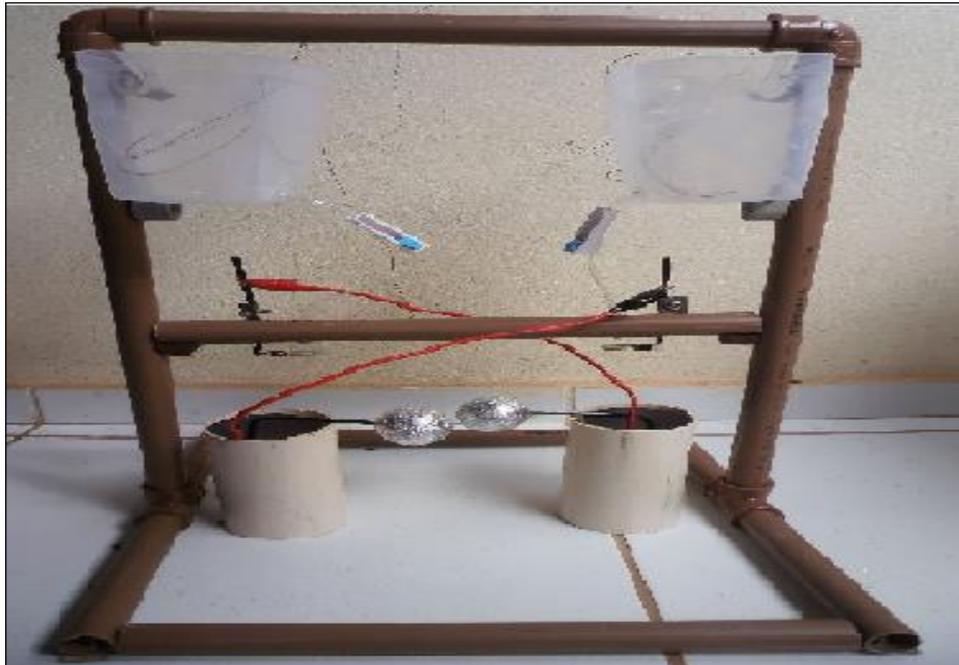
O aparato em si chama bastante atenção da turma e constitui excelente oportunidade para estabelecer as interações sociais. O proveito tirado a partir do visual da máquina suscita questões do tipo: Identifiquem nos materiais que formam a máquina de Wimshurst as partes condutoras e isolantes de eletricidade? De onde vem a energia necessária para máquina entrar em funcionamento? Que tipo eletrização existe entre os metais dos discos e os neutralizadores? As cargas dos coletores vão para as garrafas de Leyden, qual a contribuição destas garrafas? De onde vêm as descargas elétricas vistas nos terminais?

A pergunta inicial explora as características dos materiais condutores e isolantes presentes no equipamento. A segunda pergunta desencadeia uma relação com a eletrização por atrito. Na terceira e quarta questões uma interação social desencadeia um vínculo com o conceito dos capacitores. As perguntas relacionadas à demonstração experimental foram direcionadas a realidade e experiência pessoal dos estudantes com o eletróforo.

Unidade 3: Apresentação da atividade – Chuva elétrica de Kelvin

Esta atividade foi norteada nos referenciais literários Assis (2011), Camilo e Assis (2008), o estudo dos autores traz boas indicações referentes à teoria e montagem deste gerador eletrostático de alta voltagem, apresentado na Figura 18.

Figura 18 - Montagem para demonstração.



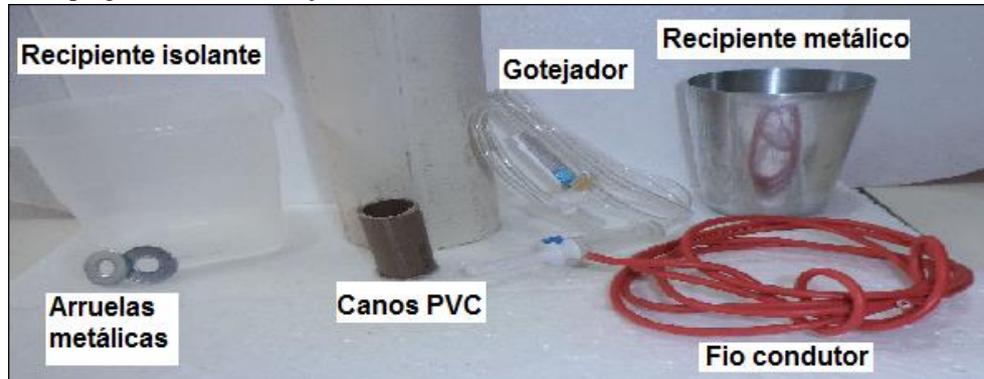
Fonte: Elaborado pelo autor.

A Chuva de Kelvin revela o comportamento da água como substância polar. O resultado em questão é costumeiramente perceptível em experimentos ligados à eletrostática e permite eletrizar a água de maneira semelhante aquela utilizada para um sólido condutor. Segundo Assis (2011) p. 202, os primeiros registros, sobre este aspecto da água, vieram das experiências concretizadas por Gilbert em 1600 e Gray em 1731. Depois deles, por volta de 1867 Lord Kelvin teria consolidado o primeiro gerador eletrostático gotejante, em forma de uma máquina elétrica gotejante, também nomeada de chuva elétrica de Kelvin em homenagem ao seu inventor.

Os materiais usados no experimento são baratos e fáceis de adquirir, constituem-se de: recipientes isolantes, gotejadores para aplicação de soro, arruelas metálicas, recipientes metálicos, fios condutores e canos PVC de 25 e 75 mm.

O material empregado na montagem do gerador eletrostático gotejante ou chuva elétrica de Kelvin é apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Material empregado na demonstração.



Fonte: Elaborado pelo autor

Na armação do gerador eletrostático gotejante, usamos canos de PVC como suportes isolantes. Segundo Camilo e Assis (2008), a natureza desses bons isolantes evita perdas de cargas presentes nos indutores ou nas gotas eletrizadas, que ficam depositadas nos coletores. A figura 20 mostra a base de sustentação do aparato, nessa estrutura foi empregado 4 m de cano de PVC de 25 mm, a parte inferior esta aparafusada e nas demais conexões usamos tê e joelhos.

Figura 20: Base de sustentação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através das sugestões apontadas no modelo de Camilo e Assis (2008), os reservatórios de água estão representados por dois recipientes isolantes de plástico, que ficam acoplados na parte superior do suporte. No processo de aterramento da água, fizemos ligações usando fios condutores que partem do interior desses depósitos e saem pela parte superior deles para chegar a terra. Perfuramos a lateral rente à base dos reservatórios e introduzimos uma das extremidades do tubo gotejador adquirido em uma farmácia, este equipamento recebe o nome de equipo de

infusão gravitacional. A outra extremidade do gotejador representa o local de saída das gotas e fica instalado no cano central do suporte. Próximos à saída das gotas estão às arruelas indutoras de cargas, também presas ao cano central por fios rígidos de cobre bitola 1,5 mm. As dimensões das arruelas são: 2,5 cm de diâmetro externo e 1 cm de diâmetro interno. A Figura 21 ilustra as ligações saindo dos reservatórios até chegarem ao cano central.

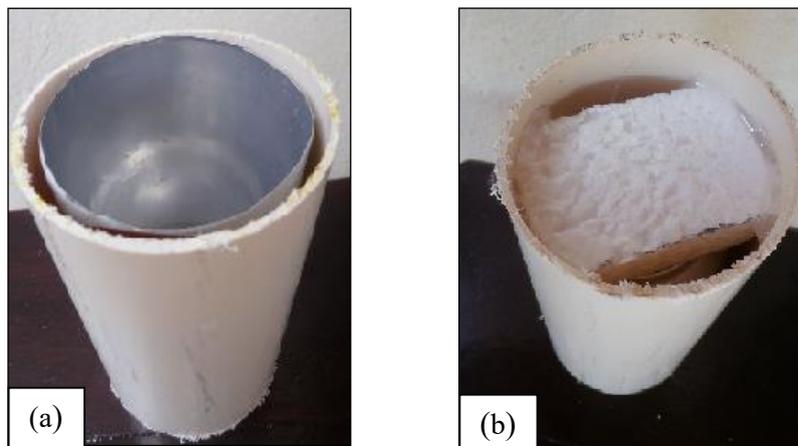
Figura 21 - Ligações dos reservatórios ao cano central com gotejador e arruelas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na base do suporte, estão outros dois recipientes isolantes, são os coletores das gotas eletrizadas. Em sua construção, utilizamos dois tubos PVC de 7,5 cm de diâmetro e 12 cm de comprimento. Dentro deles introduzimos uma lata de metal, que deve estar isolada, as sequências das Figuras 22 (a) e 22 (b) mostram como fica à disposição da parte superior e inferior dos coletores nesse processo de isolamento.

Figura 22 - Coletor das gotas eletrizadas. Em (a) disposição da parte superior do coletor e em (b) sua parte inferior.



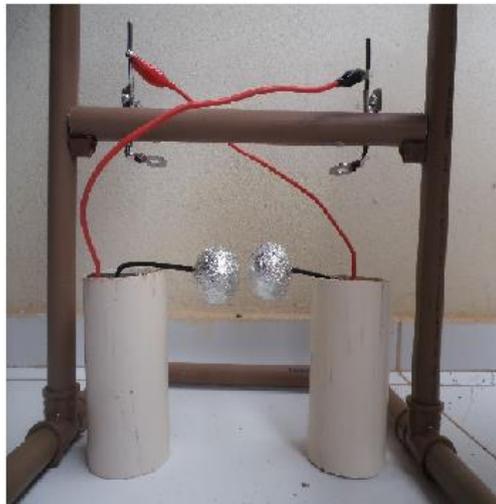
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na atividade experimental os gotejadores são regulados produzindo gotas constantes que vão passar pelo interior das arruelas. No percurso essas gotas partem do reservatório e desprendem do gotejador a um 1 cm de altura da arruela indutora de cargas.

A carga inicial na arruela é obtida usando um eletroscópio de cartolina coberto por papel alumínio e um cano PVC. No processo de eletrização inicial, atritamos o cano de PVC com um guardanapo de papel, em seguida o cano PVC eletriza o eletroscópio por contato, que em seguida é descarregado na arruela, também por contato. O método é repetido, até o conjunto (arruela e eletroscópio) atingir o mesmo potencial elétrico, neste caso o eletroscópio não descarrega mais ao tocar na arruela. Agora, a arruela é capaz de induzir uma carga oposta à sua na água do reservatório localizado acima dela.

Sobre a ação da gravidade, as gotas eletrizadas são liberadas do gotejador e depois de passarem pelo interior da chapa indutora, caem dentro dos recipientes coletores de gotas, que ficam próximo à base da estrutura. Do interior de cada um destes vasos coletores sai um fio rígido de cobre, bitola 2,5 mm, com 18 cm de comprimento, a extremidade do fio acolhe uma bola feita de papel alumínio. O outro vaso é montado de forma semelhante, no entanto, uma das arruelas é conectada ao coletor de gotas positivo e a outra unida ao coletor de gotas negativo, Figura 23. Esta gravura, ainda, destaca uma segunda ligação nos vasos coletores com um fio flexível saindo do interior do coletor de gotas da direita, até arruela indutora da esquerda, na junção seguinte, outro fio flexível vai da parte interna do coletor de gotas da esquerda para a arruela indutora da direita. O propósito desta última ligação, vaso coletor junto às arruelas, é tornar o equipamento autossustentável de forma que as cargas elétricas dos coletores de gotas sirvam para carregar o anel indutor de cargas do lado oposto.

Figura 23 - Junções nos coletores das gotas eletrizadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Exploração em sala de aula

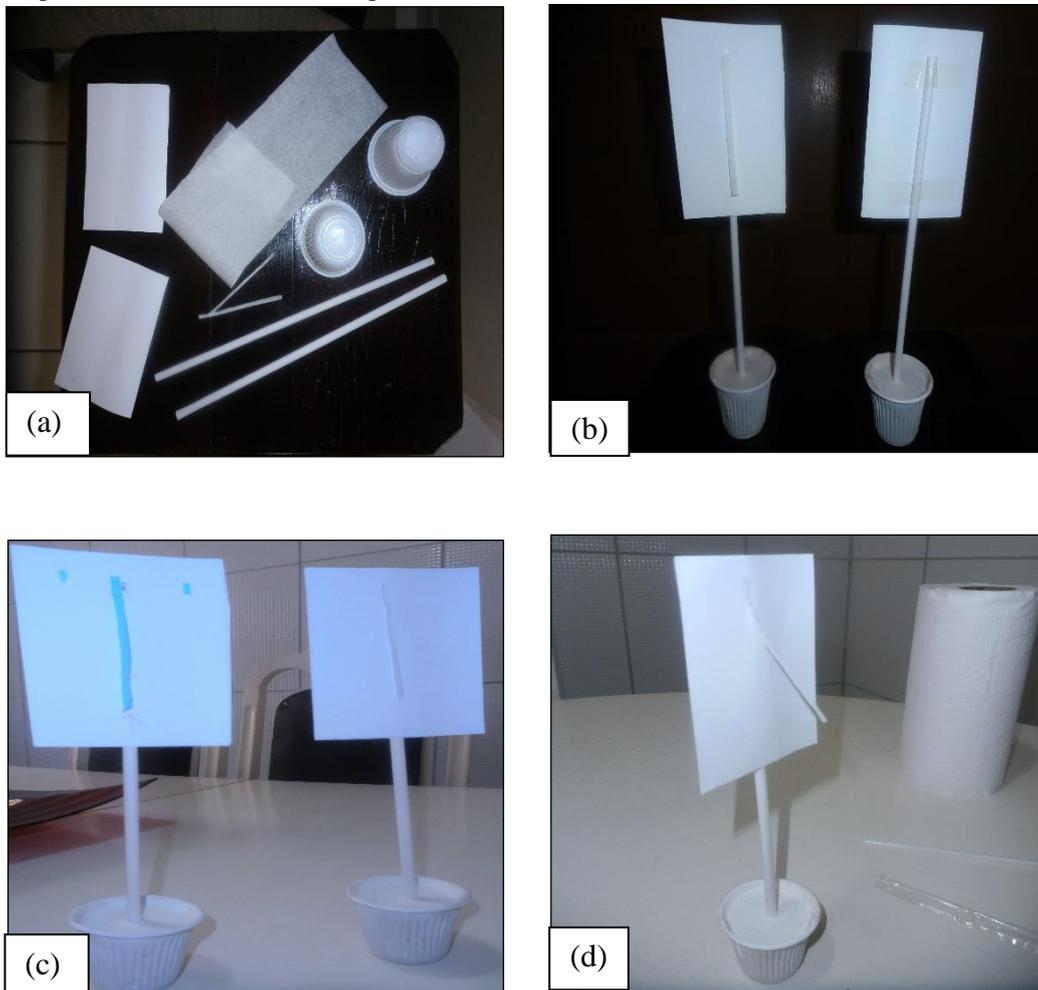
O momento voltado à exibição da chuva de Kelvin deve estabelecer situações direcionadas às interações sociais entre os participantes. Na apresentação do fenômeno, a pergunta: O que provoca a descarga elétrica entre as esferas de alumínio? Dá a possibilidade dos alunos realizarem discussões e análises entre si, conjuntamente com o professor. Nesta ação, a viabilidade de investigação estrutural das partes do aparato deve ser aproveitada para levantar outros questionamentos: Por que a base estrutural é feita de canos PVC? Por que é preciso eletrizar a arruela? Que tipo de eletrização existe entre a arruela e a água que sai do gotejador? Por que a gota é atraída pela arruela? Qual a função do fio terra em cada um dos reservatórios?

ANEXOS

O Eletroscópio

A função do eletroscópio vai para além daquela que é verificar a presença de corpos carregados nas suas proximidades, descrita por Assis (2011, p. 127), instrumentos assim podem revelar se um material é condutor ou isolante. Na confecção destes dois eletroscópios usamos: cartolina ou papel cartão, papel seda, cola, fita adesiva, tesoura, canudo de refresco e suporte, Figura 24 (a).

Figura 24 - Montagem do eletroscópio. Em (a) materiais utilizados, em (b) eletroscópios prontos, em (c) eletroscópios neutros e em (d) eletroscópio eletrizado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No procedimento para montagem cortamos a cartolina no formato de retângulo 7 x 10 cm com o lado maior na vertical. No centro do retângulo, duas fitas adesivas prendem o canudo sem ultrapassar sua borda superior. Recortamos o papel seda ou alumínio em uma tira fina de 1 a 3 mm de largura e 6 a 9 cm de comprimento, Figura 24 (b). Optamos pelo papel seda retirado da embalagem interna de caixa de sapato ou papel bala. Cola-se a tira de papel seda na

borda superior da cartolina. O suporte é um copinho descartável preenchido com a mistura de gesso e água. O canudo é posto no centro da mistura que após alguns minutos fica sólida. Se o eletroscópio está neutro, a tirinha fica estirada junto à cartolina Figura 24 (c), ela levanta quando o eletroscópio está carregado, Figura 24 (d). A repulsão elétrica entre as cargas da cartolina e da tirinha evitam que a força da gravidade encoste a tirinha na cartolina. Isto acontece na descarga do eletroscópio pelo toque do dedo na cartolina.

Assis (2011, p. 137) apresenta uma distinção fundamental entre corpos condutores e isolantes. O corpo é chamado de condutor se descarrega um eletroscópio carregado no contato com ele. A denominação isolante, dielétrico ou não condutor é para o corpo que não descarrega um eletroscópio carregado pelo contato com ele. O procedimento experimental revela se o corpo é condutor ou isolante. De início consiste em eletrizar um canudo de refresco com papel toalha e em seguida raspar, este canudo na parte superior da cartolina do eletroscópio. Percebemos que a tirinha levanta indicando eletrização do dispositivo. Mas, se segurarmos um corpo pela mão e em seguida tocar uma de suas partes na cartolina, descarregando o eletroscópio, este corpo é considerado um condutor, caso isto não aconteça temos um corpo isolante.

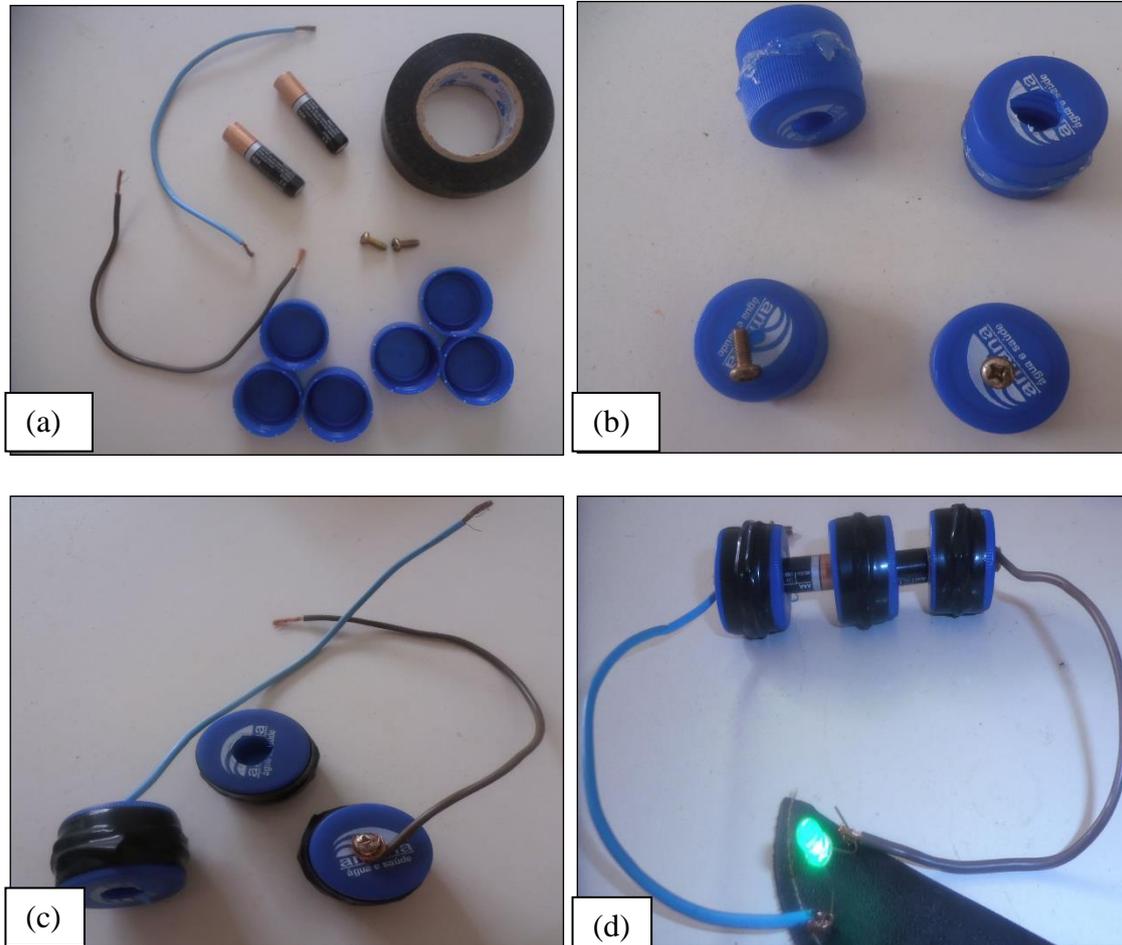
Esta distinção das substancias entre condutores e isolantes é um dos aspectos mais importantes de toda a eletricidade. Juntamente com a existência das cargas positivas e negativas, com suas atrações e repulsões, ela permite que se compreenda uma imensa série de fenômenos. (ASSIS, 2011, p. 142)

Outra maneira de classificar os materiais como condutores ou isolantes, diferente daquela que descarrega ou não um eletroscópio carregado, é observando se retiram ou não a carga uma carga de uma pilha elétrica. As definições envolvem a influência pela diferença de potencial elétrico. Segundo Assis (2011, p. 147), condutores são materiais que descarregam a pilha quando conectados entre seus terminais positivo e negativo. Isolantes são os materiais, que não descarregam a pilha, quando posicionados como elo entre seus terminais.

Para a análise dessa classificação mais usual nos livros didáticos se utiliza os materiais: fios de cobre, pilha nova alcalina de 1,5 V e uma lâmpada de lanterna de 1,5 V. Conectando os fios aos terminais da pilha e outra parte a lâmpada, ela acende isto significa que os contatos elétricos estão certos. Desfazendo o contato entre o fio e a lâmpada, ela apaga. Obteve-se um porta pilhas feito com tampas de refrigerante. Na montagem alternativa, utilizamos um LED e duas pilhas de 1,5 V. Fica a critério do professor mediador por comprar o porta pilhas ou fazer um com

material alternativo. Caso esta última seja escolhida irá precisar de: seis tampas de garrafa pet, papel alumínio e dois parafusos, Figura 25 (a).

Figura 25 - Montagem porta pilhas e circuito elétrico. Em (a) materiais utilizados, em (b) tampas perfuradas e unidas com cola quente, em (c) tampas aderidas com fita isolante, parafusos atarraxados aos fios em duas delas e em (d) circuito elétrico com LED.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Escolhemos duas dessas tampas em cada uma é feito um furo do diâmetro do parafuso, nas demais as aberturas devem ter o diâmetro da pilha, Figura 25 (b). Uma tesoura de ponta é ideal para perfurar e contornar os diâmetros. Em cada face superior das tampas usamos uma chave de fenda e prendemos uma extremidade de um fio com parafuso. Através da ponta do parafuso, a mesma face inferior fará contato com um pequeno disco de papel alumínio com espessura de 2 a 3 mm, sua finalidade é facilitar o contato com o terminal da pilha. Nesta face ainda será unida a outra parte interna de uma tampa com o mesmo diâmetro da pilha, Figura 25 (c). Usamos cola quente e contornamos o contato entre estas partes com fita adesiva isolante para ficar mais segura. Juntamos as partes inferiores das duas últimas tampas. Elas vão receber a ligação em série das duas pilhas, na qual o pólo positivo faz contato com o pólo negativo da outra pilha. Nos pólos opostos encaixamos as tampas com os fios. No terminal maior do LED

conectamos o fio positivo da pilha, o terminal menor recebe a conexão negativa do gerador, Figura 25 (d). Se um material for utilizado para refazer esse contato entre o LED e o fio, ocorre emissão de luz, diz-se que a substância é condutora, caso isto não aconteça teremos um material isolante.

Eletroscópio de folhas

Dos instrumentos elétricos o eletroscópio é o mais relevante deles. Pela sua presteza, podemos conferir se os materiais aplicados no equipamento experimental são realmente condutores ou isolantes. O sucesso da atividade prática depende muito dessa consideração.

Muitas experiências não funcionam devido ao fato de que as pessoas não prestam atenção neste aspecto crucial. Elas podem achar, por exemplo, que uma borracha vai ser um isolante pelo simples fato de ser uma borracha. Mas na prática muitas borrachas se comportam como condutoras nas experiências de eletrostática. Caso o corpo ou instrumento que está sendo estudado ou utilizado esteja ligado ao solo por uma destas borrachas, elas vão deixar escapar por aterramento qualquer carga elétrica presente no corpo ou no instrumento. Com isto os efeitos desejados não vão existir, frustrando a pessoa que não tiver consciência deste fato, sendo que ela vai ficar sem entender o que deu errado na experiência ou no aparelho elétrico que estava construindo. (ASSIS, 2018, p. 26)

A montagem do aparelho foi retirada do vídeo disponível no Youtube com o título: *Detector de elétrons caseiro (eletroscópio – experiência de física)*. O dispositivo é composto por: recipiente transparente, fio de cobre bitola 1 mm e papel alumínio. Utilizamos uma garrafa PET, marcamos com uma régua sua parte superior e inferior. Em seguida elas foram separadas com uma tesoura de ponta. A cerca de 3 ou 4 cm da extremidade do fio, fazemos uma curva com alicate. Este local receberá os dois papéis alumínio que foram previamente cortados em forma de gota, como auxílio, nós utilizamos um pequeno molde feito de papelão. É importante que a maior dimensão da gota seja inferior entre 1 ou 2 unidades ao raio da base do recipiente. A outra extremidade do fio transpassa a tampa da garrafa e será a ponta do para raios. A funcionalidade do aparelho é percebida quando aproximamos (não precisa encostar) um corpo eletrizado positivo ou negativo, por exemplo, um eletróforo e as folhas de alumínio se afastam. Isto indica a presença de um corpo carregado pelo processo de indução. Uma análise explicativa do processo tem haver com a separação das cargas, onde as lâminas metálicas se repelem por estarem polarizadas com cargas de mesmo sinal do corpo indutor, que no caso é o eletróforo. Na outra extremidade, o para raios polariza com cargas de sinal oposto pelo princípio da atração

eletrostática. As folhas vão fechar se o indutor for afastado. Caso o corpo eletrizado toque para depois ser levado para longe do para raios, as folhas ficam abertas de forma permanente. Elas abrem ainda mais, na situação do corpo eletrizado voltar a se aproximar e fecham quando o corpo aproximado tem carga diferente, assim identificamos o sinal da carga no eletróforo. As folhas se juntam na situação de aterramento. O deslocamento dos elétrons para afastar as folhas do eletroscópio indica que o indutor tem carga negativa. Caso os elétrons migrem para a outra extremidade do aparato, as lâminas abrem com cargas positivas, nesta representação o indutor exibe uma carga positiva.

Garrafa de Leyden

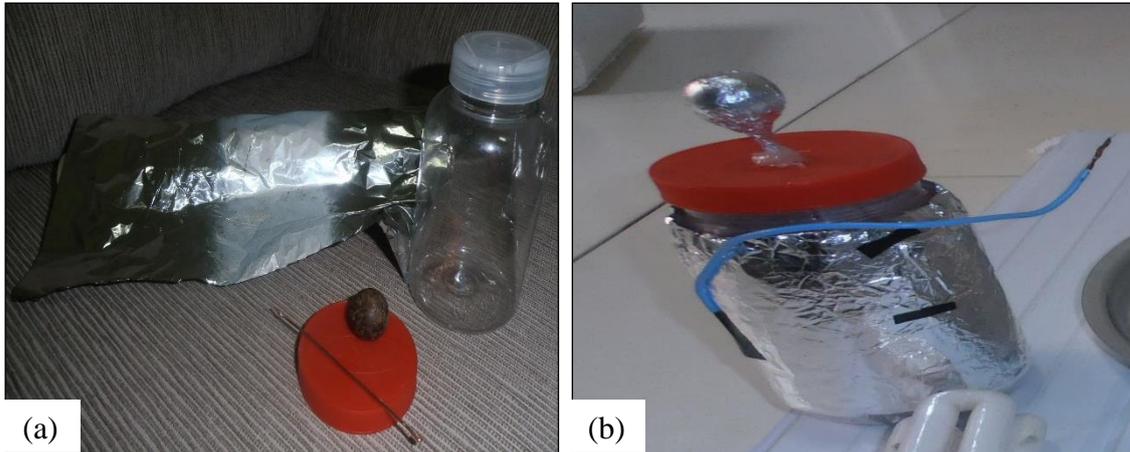
A garrafa de Leyden é o precursor dos atuais condensadores ou capacitores. Segundo Gaspar (2013, p. 66), a concepção dos antigos físicos considerava a eletricidade como um fluido podendo ser armazenada. Foi pensando assim, que no século XVIII, os pesquisadores Kleist e Musschenbroek construíram a primeira garrafa de Leyden. Sua função básica é armazenar cargas e energia elétrica.

Na base estrutural desse capacitor aparece um isolante bem fino (dielétrico) que separa dois condutores (armaduras). Seguimos as indicações em Assis (2018, p. 221) como subsidio deste instrumento. Na montagem do aparelho é importante certificar se o material utilizado é realmente isolante, esta medida evita a “fuga” de cargas. Neste caso, o teste consiste em verificar se o material descarrega ou não um eletroscópio. Na montagem da Garrafa de Leyden optamos pelo modelo mais clássico de recipientes (pote de maionese, garrafas PET 200 a 300 ml para refrigerante e tubo de comprimidos).

O primeiro capacitor consiste dos materiais: pote de maionese, papel alumínio, um fio de cobre rígido bitola 2 mm com 10 cm (será a haste), dois fios cabinho flexíveis de 10 cm (para as ligações interna e externa da garrafa de Leyden) e uma esfera de madeira (retirada de uma cobertura para acento de banco), Figura 26 (a). Revestimos 75 % (setenta e cinco por cento) das partes interna e externa de um pote de alimento com papel alumínio. Nós utilizamos uma régua para medir a altura do recipiente (13,5 cm) e por regra de três determinamos esta parte (10 cm) correspondente ao valor percentual que cobrirá a dimensão do pote isolante. A outra dimensão corresponde ao comprimento da base do recipiente é de 26 cm. Assim temos as dimensões 10 cm x 26 cm de papel alumínio para revestir os lados internos e externos do pote com fita isolante. Esta mesma fita foi utilizada para aderir o papel alumínio ao fio na parte de dentro do pote, a outra extremidade do fio foi enrolada na haste metálica que transpassa a tampa. O outro fio foi preso no papel alumínio externo do pote. Introduzimos a outra extremidade da

haste na esfera de madeira, que foi revestida com papel alumínio e enrolado na própria haste, Figura 26 (b), capacitor pronto. No canal Manual do Mundo o episódio “Como fazer uma máquina de choques caseira para feira de ciências”, traz uma forma de montar uma garrafa de Leiden muito prática.

Figura 26 - Montagem da primeira garrafa de Leiden. Em (a) materiais utilizados: papel alumínio, esfera de madeira, fio de cobre rígido bitola 1,5, tampa e pote de maionese em (b) capacitor pronto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguimos o mesmo passo a passo do primeiro capacitor para fazer mais duas garrafas de Leyden com os materiais, Figura 26 (c). Os aparatos constam de um recipiente de comprimidos e uma garrafa de refrigerante de 200 ml, fios de cobre flexíveis 1 mm, papel alumínio, tesoura, fita isolante e parafusos cabeças arredondadas (para evitar perda de cargas devido ao fenômeno do poder das pontas). A parte interna da garrafa de refrigerante contém uma solução de água e sal em vez de papel alumínio. As garrafas de Leiden prontas estão ilustradas na Figura 26 (d).

Para testar o dispositivo envolvemos com a mão sua parte externa, em seguida raspamos um material previamente eletrizado na esfera algumas vezes. O material em questão é o eletróforo, mas pode ser um canudo, um cano de PVC, uma régua de acrílico, entre outros. Após esta carga ainda segurando a garrafa tocamos com a outra mão a esfera recebendo um choque.

Figura 26 - Materiais alternativos para Garrafa de Leiden. Em (c) recipiente de garrafa PET e pote de comprimidos, parafusos, papel alumínio, fita isolante, fio flexível bitola um e tesoura em (d) capacitores prontos.



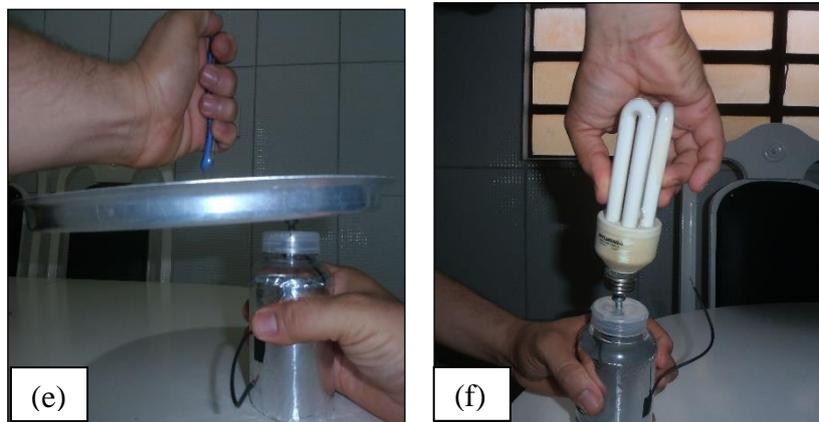
Fonte: Elaborado pelo autor.

O funcionamento da garrafa de Leiden envolve diretamente o isolante do recipiente, que impede a troca de cargas entre as suas partes interna e a externa. O contato do objeto eletrizado na esfera desencadeia a eletrização do pedaço de papel alumínio no interior do capacitor. Conforme, Assis (2018, p. 233) a parede externa de papel alumínio quando em contato com a mão da pessoa está aterrada, sobre determinada circunstância esta comunicação provoca uma troca de cargas com o solo.

Para carregar o dispositivo, o experimentador segura o capacitor em uma das mãos e com a outra mão conduz eletróforo carregado até o terminal de carga e descarga, no caso é o parafuso ou bolinha. No momento da carga a cobertura metálica externa da garrafa fica eletrizada com uma carga de sinal oposto à da parte interna. O experimentador deve realizar algumas vezes este mecanismo de eletrização para conseguir um bom efeito, no nosso caso conseguiu uma boa carga com 15 repetições. A descarga é possível quando seguramos o aparelho em uma das mãos e aproximamos a outra mão da extremidade superior da garrafa no caso, Figura 26 (e).

A descarga elétrica na lâmpada acontece quando segurando a garrafa em uma das mãos e com a outra mão encostamos a parte inferior da lâmpada na esfera do capacitor, Figura 26 (f).

Figura 26 - Garrafa de Leiden carga e descarga elétrica. Em (e) eletróforo carrega garrafa de Leiden e em (f) descarga do capacitor eletrizado na lâmpada fluorescente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Texto: Choques que salvam vidas

A cena é comum em filmes: o paciente está sendo atendido deitado sobre a maca quando, de repente, sinais sonoros começam a tocar, os monitores mostram curvas frenéticas e os médicos pedem à enfermagem o desfibrilador. Duas pás metálicas são cobertas com um gel e colocadas em pontos opostos no peito do paciente. Uma descarga elétrica é lançada entre as pás, percorrendo o coração. Em alguns segundos, os sinais vitais voltam ao normal.

Choques elétricos podem ser usados basicamente para tratar dois casos de arritmia cardíaca bem específicos, uma vez que o funcionamento das fibras musculares está diretamente associado ao transporte de correntes elétricas nos tecidos nervosos.

Um dos casos é chamado de fibrilação, e o tratamento para ele é denominado desfibrilação, o equipamento utilizado nesse tratamento é o desfibrilador.

Na fibrilação, os sinais elétricos responsáveis pelos comandos do músculo cardíaco se desorganizam, impossibilitando sua contração e o bombeamento do sangue. É o tipo mais comum de parada cardiorrespiratória. Com o choque elétrico, as fibras musculares do coração são despolarizadas, de modo que o centro responsável pelo controle elétrico do coração, o nó sinusal, pode retomar o controle do ritmo cardíaco. Quanto mais demora a aplicação do choque, menores são as chances do paciente. Na desfibrilação, o choque aplicado não está, de modo algum, sincronizado com o ritmo cardíaco.

A maioria dos desfibriladores utilizados nos hospitais é do tipo monofásico, ou seja, ele é capaz de liberar a energia elétrica acumulada do capacitor em um pulso simples. Desfibriladores mais modernos são do tipo bifásico, ou seja, liberam a carga elétrica em dois

pulsos seguidos, em que a polaridade do segundo é invertida em relação à polaridade do primeiro. Com o pulso bifásico, a quantidade de energia necessária para o tratamento é mais baixa que no pulso monofásico. No momento de uma desfibrilação externa em adultos, são usadas descargas de até 360 J para desfibriladores monofásicos e de 120 a 200 J para os bifásicos.

Uma técnica antiga, pouco utilizada atualmente e que pode fazer o papel do choque nos casos de fibrilação, é o soco precordial. Nesses casos, um soco no peito do paciente é capaz de fornecer de 30 J a 40 J de energia ao coração, muito menos que os 360 J do desfibrilador, mas suficiente, em alguns casos, para reiniciar o coração.

O outro caso em que o choque elétrico é indicado é um tipo de arritmia cardíaca que diminui o rendimento do coração. Nesse caso, o mesmo aparelho, o desfibrilador, é utilizado, porém o choque deve ser sincronizado ao ritmo cardíaco. Além disso, são utilizados choques de menor intensidade, de cerca de 100 J de energia. Esse tratamento é chamado de cardioversão.

Atualmente, no Brasil, por força de lei, em locais com grande circulação de pessoas, como praças de esporte ou shopping centers, o desfibrilador externo automático (DEA) é equipamento obrigatório. Afinal, a agilidade no atendimento a paradas cardíacas é fator decisivo para o salvamento. DA COSTA, M. P. F.; GUIMARÃES, H. P. Ressuscitação cardiopulmonar – uma abordagem multidisciplinar. São Paulo: Atheneu, 2006.

Máquina de Wimshurst

A introdução feita no endereço eletrônico <http://faiscas.com.br/wimslabtype.html> conceitua as máquinas eletrostáticas, essencialmente, como geradores mecânicos de eletricidade em alta tensão, usando o atrito, passaram a fazer sucesso sendo destacadas entre as primeiras formas desenvolvidas pelo ser humano para produzir eletricidade nos primórdios dos séculos XVII e XVIII. Neste mesmo período foi destacado por ter direcionado a maior parte das pesquisas precursoras da eletricidade do período.

Grande parte das máquinas geradoras de eletricidade por fricção seria sucedida por sua versão pela influência ao longo do século XIX, que reservava outras formas mais práticas para geração de eletricidade, como geradores eletromagnéticos e baterias.

O surgimento de formas mais avançadas de produzir eletricidade artificial acabou resultando na falta de interesse pelos geradores de eletricidade com princípio à fricção e influência, que acabaram sendo desbancadas mesmo com suas aplicações médicas na eletroterapia e em fontes de alimentação para máquinas de raios X.

Em pleno do século XXI, várias dessas máquinas são pouco conhecidas, elas ainda persistem em alguns laboratórios de física de alta geração de energia na forma do gerador de Van de Graaff e derivados. No mesmo site são feitos, também, referências à máquina de Wimshurst, onde é destacada como a mais popular e conhecida das máquinas eletrostáticas.

Boa parte dos livros de ciências mais antigos fazem alusões a esta máquina graças ao expressivo resultado obtido quando está em funcionamento, garantindo uma boa operação e confiabilidade. Isto reservou um espaço nos tempos atuais, onde se verifica sua presença maciça nos laboratórios de ciências, tanto de escolas e como das universidades.

A primeira aparição da máquina de Wimshurst teria acontecido por volta 1883, a parte estrutural trazia dois discos de material isolante, geralmente de vidro ou de ebonite com uma série de setores metálicos aderidos em suas extremidades. Durante o movimento, a rotação dos discos é processada em sentidos opostos, porém, com uma distância entre eles da ordem de poucos milímetros. Duas barras neutralizadoras cruzadas são posicionadas na frente de cada disco, nas extremidades de cada barra é fixado um material que fará atrito com os setores fixos nos discos.

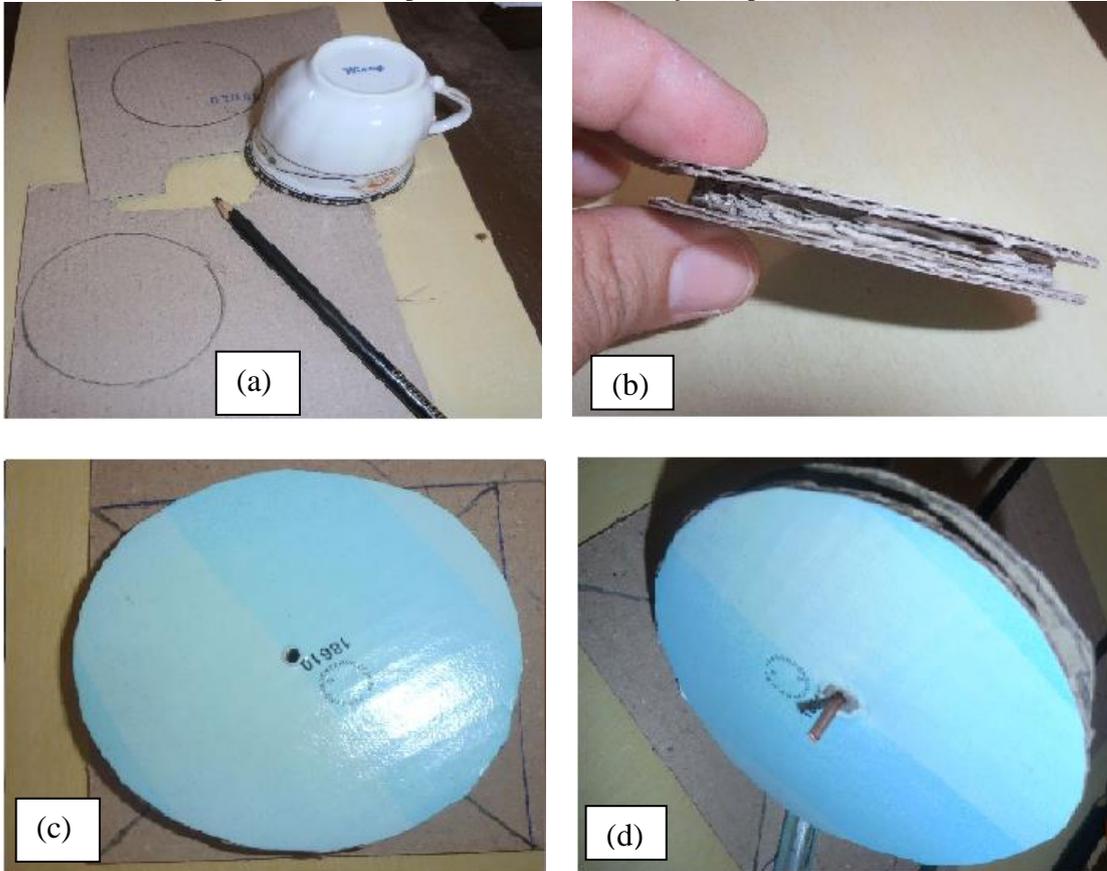
O princípio de funcionamento do gerador de Wimshurst é a indução elétrica e os pares de discos agem iguais aos eletróforos garantindo meios contínuos para geração de altas tensões. As cargas elétricas geradas são capturadas pelos coletores e encaminhadas para garrafas de Leyden (capacitores), quando a tensão deste capacitor atinge valores muito elevados os terminais descarregam essa energia na forma de uma faísca.

Polias

Para montar as polias, desenhamos no papelão grosso, figura 27 (a), uma circunferência com diâmetro de 7 cm, que tem dimensão semelhante ao diâmetro da garrafa que faz papel de eixo próximo a base. Este cuidado é importante para obtermos a vantagem mecânica almejada constituída pelo menor esforço imposto a engrenagem da máquina no momento de girarmos a manivela. A parte externa da polia é obtida no papelão fino ao fazermos dois círculos de 7, 4 cm de diâmetro, para evitar que a liga de borracha saia da polia. Estes círculos são colados na circunferência mais espessa conforme a figura 27 (b). A figura 27 (c) representa o método que utilizamos para centralizar a polia e perfurar seu centro. Em seguida introduzimos e colamos no ponto central das circunferências um pedaço de plástico de caneta,

figura 27 (d), com diâmetro semelhante ao do eixo fixo na base para impedir folgas e desgastes durante o movimento de giro.

Figura 27: Construção das polias. Em (a) desenho da parte interna da polia, em (b) junção das partes interna e externa, em (c) método para centralizar e perfurar e em (d) introdução da polia no eixo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

PLANOS DE AULA

Plano de aula – I

1. Tema: Questionário de receptividade e teste
2. - Duração da aula: 100 minutos

II - OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

- Sondar a receptividade com a Física e os conhecimentos iniciais dos estudantes do 8º ano do ensino fundamental sobre eletrostática.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Aplicar questionários e testes;
- Caracterizar os participantes da pesquisa;
- Verificar os conhecimentos que os alunos já têm sobre eletrostática.

III – Conteúdo

- Análise da receptividade e dos conhecimentos iniciais sobre eletrostática.

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a aula inicial nos valem de um questionário (APÊNDICE B) com intuito de obter informações sobre o público-alvo desta proposta, os estudantes. Em seguida, aplicamos um teste (APÊNDICE C) para avaliar o nível conhecimento inicial acerca do conteúdo da eletrostática já consolidados no consciente dos alunos.

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- Questionários e testes.

VI – AVALIAÇÃO

O resultado dessa ação didática depende da análise das respostas direcionadas ao questionário e teste aplicados na turma de 20 estudantes do 8º ano do ensino fundamental. Eles devem revelar o perfil da turma relacionando a aceitação da proposta e os conhecimentos básicos do conteúdo abordado, já consolidados na mente dos alunos.

Plano de aula - II

I – IDENTIFICAÇÃO

1.1 - Tema: Uma abordagem histórica na descoberta dos fenômenos elétricos.

1.2 - Duração da aula: 100 minutos

II - OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

○ Apresentar informações históricas referentes às principais descobertas dos fenômenos elétricos e a constituição da matéria.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Aplicar texto;
- Apresentar questões e problemas capazes de avaliar criticamente a imagem da ciência;
- Explicar a estrutura atômica;
- Introduzir o conceito de carga elétrica.

III – Conteúdo

Fundamentos em Eletrostática

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Iniciamos esta aula instigando a intuição da turma sobre o átomo e a constituição da matéria com um vídeo de 6 minutos. Produzido pela MAWA FILM & MEDIEN – DIDACO, (www.didaco.es), o tema desse vídeo: Que é a energia nuclear? Analisa a origem da matéria a partir dos planetas do sistema solar, os alunos devem perceber no átomo, o elemento comum a tudo que existe. Em outro vídeo, “A história da eletricidade (ep. 1 A faísca) disponível <<https://www.youtube.com/watch?v=rAqUvE97iCU>> foi tratado o contexto histórico e social para dar noções preliminares do surgimento da eletrostática.

A segunda parte da aula tratou de um texto, que adaptamos (APÊNDICE C), relativo às informações históricas sobre as principais mentes desbravadoras dos fenômenos elétricos. Mostramos o *Versorium* de Gilbert, em seguida, propomos questões problematizadoras para despertar nos alunos uma imagem da formação da ciência como uma construção de um conhecimento edificado dentro seu próprio contexto histórico e cultural. No mesmo texto, os

alunos aprofundaram ideias iniciais acerca da estrutura atômica e foram introduzidas as primeiras noções sobre a carga elétrica. Também, usamos com esses fins recursos de vídeos e slides. Na parte final da aula os alunos responderam questões referentes à constituição da matéria e a estrutura atômica, (APÊNDICE C).

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- Questionários, experimento demonstrativo e data show.

VI – AVALIAÇÃO

Na ação didática, um questionário aplicado aos alunos deve direcionar suas respostas relacionando a construção do conhecimento científico ao contexto histórico e cultural. O mesmo recurso textual deve ser usado para dar uma noção aos alunos, quando responderem perguntas reveladoras da intrínseca relação entre o átomo e a constituição da matéria.

Plano de aula - III

I – IDENTIFICAÇÃO

1.1 - Tema: Condutores e isolantes.

1.2 - Duração da aula: 100 minutos

II - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

- Abordar os conceitos relativos à diferenciação dos materiais condutores e isolantes.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Propiciar uma reflexão inicial sobre os conceitos abordados
- Retomar princípios ligados a constituição da matéria;
- Explicar o que faz um material ser condutor ou isolante;
- Realizar atividade experimental envolvendo materiais condutores e isolantes.

III – Conteúdo

Fundamentos em Eletrostática

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta aula é dividida em duas partes e foi iniciada com a pergunta: Raios só caem sobre o solo ou eles também sobem do solo aos céus? A questão visa chamar a atenção da turma sobre o tema para extrair seus conhecimentos informais a partir dos raios. Em seguida apresentamos o vídeo Brasil País dos Raios – Ep. 01/03, com duração de 15 minutos, disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=e-KQ_F-e100>. Aprofundamos o assunto usando recursos de slides contendo figuras ilustrativas da constituição da matéria, materiais condutores e isolantes.

Na parte final da aula os alunos participaram de uma atividade experimental (APÊNDICE D) para classificar os materiais como condutores ou isolantes. No final do encontro realizamos uma demonstração para os participantes perceberem que esta classificação, não é absoluta dependendo de certas condições ligadas da distribuição da quantidade de cargas entre dois pontos, despertamos noções sobre a diferença de potencial.

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- Data show e experimento demonstrativo.

VI – AVALIAÇÃO

Na ação didática, os alunos farão registros por escrito dos experimentos e situações problemas propostos. Serão avaliados pela capacidade de trabalhar em grupo e se expressarem nas discussões, que envolvem problemas propostos nas atividades.

Plano de aula - IV

I – IDENTIFICAÇÃO

- 1.1 - Tema: Princípio da atração-repulsão, e eletrização por atrito e contato.
- 1.2 - Duração da aula: 100 minutos

II - OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

- Explorar na eletrização por atrito o mecanismo da atração e repulsão.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Mencionar os dois tipos de cargas elétricas, a positiva e negativa, e os dois tipos de eletricidade, a atrativa e repulsiva;
- Abordar fenômenos ligados à atração e repulsão;

- Explicar o processo de eletrização por meio do atrito;
- Apresentar o processo de eletrização por meio do contato;
- Explorar a ideia da força elétrica através dos processos de atração e repulsão.

III – Conteúdo

Fundamentos em Eletrostática

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta aula usamos recursos de slides para explorar os conteúdos referentes ao princípio da atração-repulsão, e da eletrização por atrito e contato. Para verificar e sistematizar o assunto, os estudantes foram divididos em dois grupos: o primeiro grupo foi desafiado na tarefa de grudar um canudo na parede usando, apenas, guardanapos de papel, a segunda equipe deveria usar uma bexiga cheia para atrair os cabelos de uma pessoa da turma e depois papeis picados dispostos sobre a mesa. Após as tentativas sem sucesso dos alunos, o professor mediador fornece informações que tornam a tarefa possível, em seguida retomam as tentativas passíveis de êxito e responder as questões: Por que sem usar o papel o canudo não fica preso na parede? Por que esfregando o papel no canudo conseguimos grudá-la na parede? O que acontece quando esfregamos o papel no canudinho? Por que o balão de borracha atrai os cabelos e os papeis picados? O que acontece quando esfregamos o balão nos cabelos? É possível afirmar que a eletrização do canudo só acontece porque ele aquece durante o atrito? Então, esta hipótese é falsa ou verdadeira?

As perguntas possibilitam uma interação social envolvendo os conceitos de corpo neutro e eletrizado, quando escreverem suas respostas os alunos devem estar sintetizando e organizando as ideias que buscam explicar o fenômeno observado. Nesta ação os estudantes devem compreender a sequência de fatos promotoras da eletrização dos canudos e balões, reveladas pelo processo de carga pelo atrito entre os materiais: bexiga com os cabelos e canudo com o papel. Na penúltima questão, os alunos constatam que é falsa a hipótese de atribuir a eletrização do canudo ao seu aumento de temperatura. Isto é verificado quando, o professor (não aconselhamos alunos realizarem esta tarefa) aproxima a chama de uma vela ou isqueiro do papel picado e realizar uma interação social introduzindo o conceito de ionização na zona de desenvolvimento proximal dos discentes, ao mencionar que o fogo age aumentando a ionização do ar transformando-o em um melhor condutor. Na parte final da aula recorreremos à outra proposta experimental (APÊNDICE E) para demonstrar nos processos de eletrização por atrito e contato, o mecanismo da atração e repulsão de uma lata.

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- Data show e experimento demonstrativo.

VI – AVALIAÇÃO

Na ação didática, os alunos farão registros por escrito dos experimentos e situações problemas propostos. Serão avaliados pela capacidade de trabalhar em grupo e se expressarem nas discussões, que envolvem problemas propostos nas atividades.

Plano de aula - V

I – IDENTIFICAÇÃO

- 1.1 - Tema: A eletrização por indução.
- 1.2 - Duração da aula: 100 minutos

II - OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

- Abordar o processo de eletrização por indução em um eletroscópio.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Relacionar o processo de separação das cargas elétricas pela presença de um corpo carregado com os fenômenos ligados a atração e repulsão;
- Mostrar o processo de descarga de um corpo eletrizado;
- Apresentar um corpo carregado por meio da indução elétrica;
- Descrever a função de um eletroscópio.

III– Conteúdo

Fundamentos em Eletrostática

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em sala de aula, utilizamos slides para apresentar inicialmente a teoria da eletrização por indução. Na interação com a turma, propomos que a classe analisasse os casos da aproximação de um indutor carregado, positivamente ou negativamente, de um corpo neutro, por exemplo, a bexiga eletrizada próxima dos cabelos de uma pessoa ou o caso do canudo eletrizado, que foi fixado na parede. A partir destas análises ressaltamos como é feita a ligação

com a Terra no corpo induzido deixando-o com uma carga oposta aquela do corpo indutor. Para despertar maior atenção da turma, também, apresentamos um eletroscópio de folhas, nesta ocasião, expomos e explicamos sua função. Na parte final da aula, a turma foi dividida em grupos, para participar de uma atividade proposta (APÊNDICE F) de construção de um tipo de eletroscópio, em seguida verificaram com testes nos dispositivos os fenômenos da eletrização por contato e indução.

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- Data show e experimento demonstrativo.

VI – AVALIAÇÃO

Na ação didática, os alunos farão registros por escrito dos experimentos e situações problemas propostos. Serão avaliados pela capacidade de trabalhar em grupo e se expressarem nas discussões, que envolvem problemas propostos nas atividades.

Plano de aula - VI

I – IDENTIFICAÇÃO

- 1.1 - Tema: Campo elétrico.
- 1.2 - Duração da aula: 100 minutos

II - OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

- Apresentar noções sobre o campo elétrico.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Envolver a ideia da influência provocada por uma carga elétrica no espaço com o conceito de campo elétrico;
- Tratar do poder das pontas;
- Explicar o funcionamento dos para-raios;
- Desmistificar crendices populares sobre os raios.

III – Conteúdo

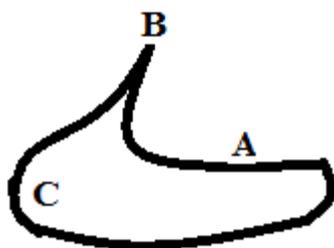
Fundamentos em Eletrostática

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para tratar o tema em sala de aula, usamos slides para exibir noções básicas sobre o campo elétrico e o poder das pontas. Aprofundamos estas noções conceituais com reprodução de algumas situações presentes do dia a dia do aluno e com perguntas relacionadas ao fenômeno em questão de forma mais abrangente. Por que um objeto cai de cima para baixo? Por que pedacinhos de papel são atraídos pelo cano eletrizado? Por que pregos metálicos são atraídos pelo ímã? Será que existe algo em torno da Terra, do cano e do ímã? Estas indagações vão de encontro à dificuldade de compreensão do conceito de campo pelos alunos e visam, sobre tudo, minimizar o nível de abstração exigido, já que ele não pode ser visto. Neste percurso, o professor pode requerer do alunado um esboço em desenho do campo elétrico gerado por cargas positivas e negativas ilustrando as linhas de força. Estabelecida, esta noção o professor faz indagações para estabelecer interações sociais: como uma carga elétrica fixa modifica a vizinhança? O que essa carga provoca em um corpo colocado em sua proximidade? É possível receber choque elétrico sem tocar no corpo eletrizado?

Em suas respostas os alunos devem envolver a presença das linhas de força, como entes responsáveis pela alteração no espaço, capaz de provocar uma possível força elétrica de atração ou repulsão na carga de prova em seus limites. Os alunos devem perceber com este aspecto, que as descargas elétricas podem passar pelo espaço entre o corpo eletrizado e o nosso causando o choque.

Para garantir uma boa participação da turma e aprofundar o assunto, apresentamos o vídeo Brasil País dos Raios – Ep. 02/03, com duração de 15 minutos, disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=q6sTUOAisa8&t=20s>. Após o vídeo o professor pode levantar questionamentos: Por que o carro é um lugar seguro para se proteger dos raios? Desenhe as cargas neste veículo? Existe diferença entre o campo elétrico nas partes externas e internas do automóvel? O que seria a blindagem eletrostática? Para que servem os para-raios? Em qual parte do desenho (A, B ou C) vai existir uma maior quantidade de cargas? Por que as descargas elétricas ocorrem preferencialmente nos para-raios?



Justifique nas frases abaixo se são verdade ou mito:

- I. Um raio não cai duas vezes no mesmo lugar.
- II. Espelho atrai raios.
- III. Usar celular enquanto carrega durante as tempestades com raios é seguro.
- IV. Uma pessoa nunca deve se abrigar da chuva embaixo de árvores, barracas de praia ou em guarda-chuva.
- V. Ficar dentro da água de rios, piscinas ou do mar enquanto chove é seguro.

As perguntas avaliam a forma como a turma assimilou o conteúdo ligando-o às situações mais comuns em suas questões de vida, é importante o estudante conseguir relacionar o fenômeno com o conceito de campo elétrico. Os alunos devem entender que a distribuição das cargas elétricas pela parte externa do veículo implica na inexistência do campo elétrico no interior do automóvel e assimilar o conceito da blindagem eletrostática. A compreensão do mecanismo de funcionamento do para-raios com referência no poder das pontas deve ser notado pelas frases I, IV e V.

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- Data show e experimento demonstrativo.

VI – AVALIAÇÃO

Na ação didática, os alunos farão registros por escrito dos experimentos e situações problemas propostos. Serão avaliados pela capacidade de trabalhar em grupo e se expressarem nas discussões, que envolvem problemas propostos nas atividades.

Plano de aula - VII

I – IDENTIFICAÇÃO

- 1.1 - Tema: Capacitores.
- 1.2 - Duração da aula: 100 minutos

II - OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

- Tratar do estudo dos capacitores para instigar a curiosidade dos alunos.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Enfatizar a relevância histórica dos capacitores na evolução da eletricidade;
- Apresentar a função deste componente;
- Levantar hipóteses sobre dispositivos capazes de armazenar cargas elétricas;
- Familiarizar os capacitores com as tecnologias presentes no dia a dia das pessoas;
- Entender a garrafa de Leyden como capacitor

III – Conteúdo

Fundamentos em Eletrostática

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na introdução desta aula, a turma assiste ao vídeo: “Como fazer uma máquina de choques caseira para feira de ciências”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Lxe4FAI-g6s&t=39s>. E participam, divididos em grupos, de uma oficina (APÊNDICE G) para construir e testar uma garrafa de Leyden. Depois da atividade prática, aplicamos um texto (APÊNDICE H), que apresenta episódios do desenvolvimento histórico da eletrostática com uma abordagem do espírito colaborativo na construção do conhecimento científico. O contexto, também, envolve o surgimento dos capacitores e a produção do conhecimento técnico-científico com aplicações práticas deste dispositivo presente nos aparelhos elétricos e eletrônicos contemporâneos. Após a leitura e os alunos são convidados a refletir e opinar sobre o texto, em seguida respondem questões direcionadas a sua interpretação.

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- Data show e experimento demonstrativo.

VI – AVALIAÇÃO

Na ação didática, os alunos farão registros por escrito dos experimentos e situações problemas propostos. Serão avaliados pela capacidade de trabalhar em grupo e se expressarem nas discussões, que envolvem problemas propostos nas atividades.

Plano de aula - VIII

I – IDENTIFICAÇÃO

- 1.1 - Tema: Eletróforos.

II - OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

- Explorar os conhecimentos físicos em eletrostática através de um eletróforo.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Apresentar o eletróforo;
- Relacionar o eletróforo com a história da eletricidade;
- Explicar a identidade deste dispositivo como um coletor de cargas;
- Descrever a forma de operar um eletróforo;
- Testar o eletróforo em: eletroscópios, lâmpada fluorescente e garrafas de Leyden;
- Propor uma oficina para os alunos construírem e testarem um eletróforo com materiais de baixo custo.

III – Conteúdo

Fundamentos em Eletrostática

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

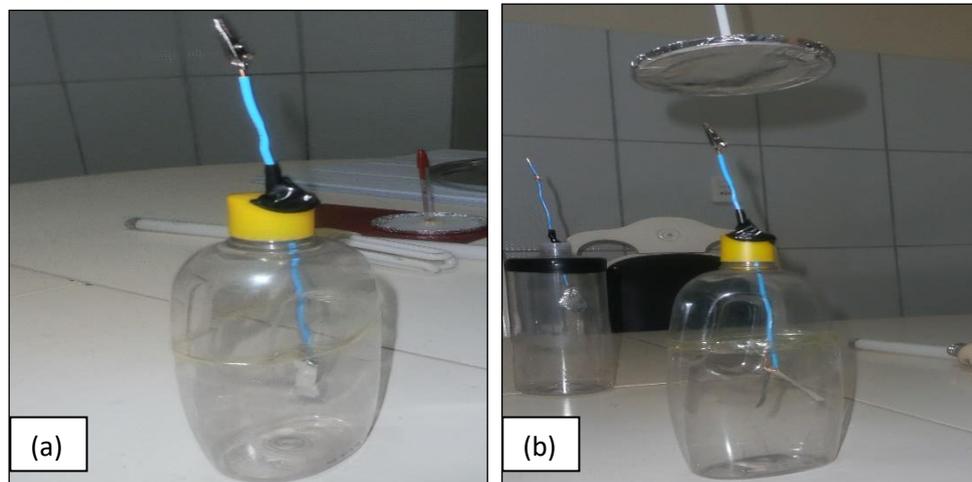
O momento da demonstração do eletróforo é chamativo e prende a atenção dos estudantes. Aproveitando essa característica, dividimos a apresentação em sala de aula em duas etapas, na primeira parte exploramos a estrutura e o mecanismo de funcionamento ligado a indução elétrica.

1ª Parte – Na exposição da fenomenologia desencadeada pelo estampido do eletróforo pode ser feita uma interação social na qual todos os participantes podem se envolver. Nesta interação abrangemos os elementos chave da matéria em estudo: a carga elétrica e o campo elétrico responsáveis pelos fenômenos observados. Levantamos os questionamentos: Por que ao aproximar o dedo do eletróforo escutamos um estalo? Você já tinha ouvido este som em algum lugar? O que acontece quando aproximamos o braço da tela de uma TV de tubo, assim que ela ligada ou desligada?

Para tornar mais convincente à presença da carga elétrica no eletróforo, nós sugerimos outras demonstrações, que o professor pode explorar em sala. Na primeira delas aproximamos o eletróforo carregado de uma ponta metálica instalada na parte de cima do eletroscópio de folhas para simular um para raios. Os alunos devem evidenciar um movimento nas folhas do

eletroscópio, que no início estavam juntas e acabam afastadas uma da outra, esta sequência é visualizada pelas Figuras, 4 (a) e 4 (b).

Figura 4 - Etapas com o eletroscópio. Em (a) o eletroscópio está neutro as folhas ficam juntas, em (b) as folhas se afastam, estão carregadas por indução.



Fonte: Elaborado pelo autor.

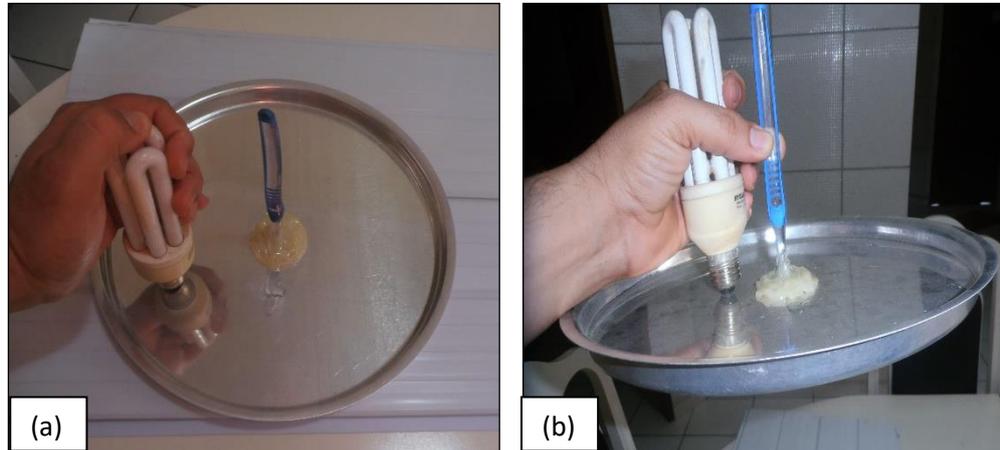
Alguns questionamentos podem ser levantados pelo professor explorando o fenômeno observado: Por que as folhas do aparelho se moveram? Que parte do aparato faz a função de para raios? Qual componente faz papel de nuvem eletrizada? Por que o local preferencial para o raio cair é no para raios?

A partir das respostas dadas pelos alunos, o professor pode desenvolver uma interação social dentro da zona de desenvolvimento proximal explicando o conceito de ionização. Em seguida deve provocar os estudantes questionando, qual agente seria capaz de provocar a ionização do ar provocando a faísca? A discussão deve levantar soluções que atribuam ao eletróforo à capacidade de ionizar o ar no entorno dele, sendo preponderante na ponta metálica instalada no topo do eletroscópio, resultando em uma descarga elétrica que eletriza as folhas do eletroscópio com cargas iguais, cognitivamente os discentes rebuscam a teoria que envolve o princípio da atração/repulsão para expressarem suas respostas. O eletróforo neste caso faz o papel de nuvem, porque está eletrizado, enquanto que a ponta do eletroscópio representa o para raios. Esta analogia com o para raios é uma forma de interação social, as contribuições relativas à sua composição metálica e de estar mais elevado nas construções deve despertar respostas por parte dos alunos, onde se verifica a preferência das descargas elétricas atingirem o para raios protegendo o entorno a sua volta.

Em outra experiência, na base eletrizada o eletróforo é carregado e posteriormente descarregado através de uma lâmpada fluorescente. Nesta parte usamos lâmpadas pequenas e

outras maiores de até 60 cm para facilitar o manuseio. Procedemos segurando a extremidade da lâmpada e encostando sua base na parte de cima do eletróforo. O procedimento pode ser feito tanto no momento de encostar o disco condutor na base, Figura 5 (a), ou quando erguemos o aparelho a partir dela.

Figura 5 - Momentos da carga em (a) e descarga em (b) do eletroscópio por meio de uma lâmpada fluorescente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos dois casos a lâmpada recebe uma descarga elétrica e emite uma luz repentina. O sucesso do experimento depende de um ambiente escurecido ou com pouca luz. O brilho emitido da lâmpada possibilita uma interação social. O professor pode indagar: Por que a lâmpada brilha? A mão do experimentador serve só para segurar a lâmpada? Qual a outra função da mão?

O discente de elaborar uma resposta ligando à passagem da carga elétrica do eletróforo para a lâmpada, percebendo que a mão tem a função de fio terra.

Uma ação em torno desse objeto de estudo e dos sujeitos participantes envolve uma redefinição da tarefa proposta, na qual o professor pode fazer uma integração interdisciplinar entre a física quântica e a química, abordando dela o conteúdo referente às camadas eletrônicas dos átomos. Apesar de não termos aplicado esta proposta dentro de sala de aula, pois em virtude da falta de água na escola os alunos foram liberados mais cedo, deixamos aqui a sugestão. O elemento base desta integração seria a descarga elétrica no gás, que gera um pulso de luz na lâmpada fluorescente.

A contextualização do fenômeno permite explorar o modelo corpuscular da luz nas camadas eletrônicas dos átomos. Consideramos cabível uma pesquisa direcionada a produção da luz no interior das lâmpadas fluorescentes e a teoria corpuscular da luz. No produto da pesquisa, os alunos descrevem pelo modelo atômico de Bohr, que a perda de energia com a emissão do fóton na forma de luz é explicada pelo salto do elétron para uma órbita mais próxima

ao núcleo. A expectativa das respostas dadas pelos alunos em torno desta teoria deve tratar do ganho de energia recebida pelos elétrons do gás dentro da lâmpada permitindo seus saltos para órbitas mais energéticas, no retorno destas partículas para suas orbitas de origem, pacotes de luz - os fótons - são emitidos para sensibilizar outros elétrons dos átomos de fósforo que revestem a lâmpada espalhando a luz no espectro visível.

O potencial natural da atividade experimental concebe mais perguntas: Por que o eletróforo é feito de materiais condutores e outros isolantes? É possível eletrizar o disco metálico com o mesmo método utilizado para eletrizamos a base isolante?

Veja a importância de rebuscar a teoria outrora já apresentada dentro de sala de aula, esta é uma forma de interação social em torno do conceito dos materiais condutores e isolantes. As argumentações dos alunos devem deixar bem nítidas as funções dos materiais condutores e dos isolantes presentes no aparato. Assim, devem perceber no caso da base condutora, que ela deve estar apoiada sobre um suporte isolante para impedir sua descarga para terra. As respostas devem ser compartilhadas pela interação entre os alunos e o professor dentro da atividade de forma direcionada as comprovações observadas através do experimento com demonstrações. Deve-se explorar ao máximo as características do experimento com objetivo de se obter outras verificações experimentais e deixar mais rica a atividade pelas confirmações observadas.

2ª Parte - Outro tipo interação pode ser aquela que envolve a eletrização pelo método da indução, lançando mão da pergunta: Por que é preciso encostar o disco condutor na base isolante? Qual deles é o indutor? Qual representa o induzido? Para que serve em seguida tocar sua parte superior com o dedo?

Em suas respostas, os alunos devem perceber que o contato entre a placa isolante e o disco do eletróforo polariza suas cargas deixando a base do disco com sinal oposto ao da placa isolante, mas sua parte superior polarizada com o sinal igual ao da base. Deve ficar claro, que a base não passa cargas, pois é um isolante, ela apenas faz papel de corpo indutor e o disco condutor representa o corpo induzido. O contato do dedo em cima do eletróforo serve de aterramento para neutralizar suas cargas induzidas na superfície do disco metálico.

Para explorar a eletrização por contato e o mecanismo de atração e repulsão, buscamos uma atividade prática apresentada no endereço eletrônico da página <https://www.youtube.com/watch?v=vklSPA4ay_4&t=92s>. Na atividade o apresentador se vale de uma panela, um fio de isolante, uma porca e o eletróforo. O aparato é bem chamativo de forma visual e sonora. De um lado fica a panela no extremo dela está o eletróforo e entre os dois o pêndulo formado pelo fio isolante preso a porca metálica. O eletróforo eletrizado é

aproximado da porca que é atraída e eletrizada por contato em seguida é repelida pelo princípio da repulsão elétrica. Explicamos aos alunos que o afastamento do eletróforo, a porca faz contato com a panela e descarrega, ela é atraída e retorna para fazer novo contato com o eletróforo, para ser repelida e descarregada no processo de vai e vem até descarregar o eletróforo. A partir dessa demonstração o professor pode mediar questões: Por que a porca vai e volta? Que tipo de eletrização existe: quando a porca toca no eletróforo? Qual processo eletrização permite à porca carregar a panela?

Outra interação possível envolve a introdução de conhecimentos prévios sobre os capacitores, presentes em diversos aparelhos eletrônicos em nosso uso contemporâneo. O professor pode iniciar com a pergunta: Vocês conhecem uma máquina de dá choques para fazer o coração voltar a funcionar normalmente? Qual o nome desse equipamento? Qual o nome do dispositivo elétrico, que armazena as cargas elétricas para ser usada no momento da descarga no corpo do paciente?

É provável que muitos conheçam esta máquina, o desfibrilador cardíaco - muito presente nos hospitais e ambulâncias. Em seguida o professor deve lembrar os alunos da garrafa de Leyden e de sua função de acumular cargas elétricas atuando como capacitor. Como sugestão o docente pode explorar o texto “Choques que salvam vidas”, APÊNDICE J, e fazer uma abordagem transversal entre a física e a biologia.

Para concluir esta aula os alunos formam grupos e participam de uma oficina APÊNDICE I para elaborar seu próprio eletróforo.

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- o Data show e experimento demonstrativo.

VI – AVALIAÇÃO

Na ação didática, os alunos farão registros por escrito dos experimentos e situações problemas propostos. Serão avaliados pela capacidade de trabalhar em grupo e se expressarem nas discussões, que envolvem problemas propostos nas atividades.

Plano de aula - IX

I – IDENTIFICAÇÃO

- 1.2 - Instituição de Ensino: Escola Municipal Luiza de França
- 1.3 - Tema: Máquina de Wimshurst e Chuva de Kelvin.
- 1.4 - Duração da aula: 100 minutos
- 1.5 - Nível de ensino: 8º ano do ensino fundamental

1.6 - Mestrando: Jorge Lessa

1.7 - Disciplina: Ciências

II - OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

- Associar a compreensão do conhecimento científico a duas máquinas eletrostáticas.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Apresentar a máquina de Wimshurst e a chuva de Kelvin;
- Reproduzir experimentos históricos em eletrostática;
- Testar conceitos usuais da eletrostática;
- Discutir a evolução do conhecimento a respeito de dois geradores de cargas elétricas;
- Revelar o comportamento da água como substância condutora de eletricidade.

III – Conteúdo

Fundamentos em Eletrostática

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Iniciamos esta aula com a leitura e interpretação do texto APÊNDICE L com os alunos divididos em grupos. No segundo momento, ilustramos e apresentamos a fenomenologia dos dois geradores de cargas elétricas em dois momentos, primeiro com a máquina de Wimshurst e finalizamos com a chuva de Kelvin. Não evidenciarmos as descargas elétricas nas máquinas, neste caso para não interromper o possível entusiasmo da turma, nós usamos vídeos demonstrando estas máquinas em funcionamento, em seguida continuamos explorando os protótipos. Ilustramos primeiro a máquina de Wimshurst em seguida foi demonstrada a chuva elétrica de Kelvin.

No momento de mostrarmos os aparatos é bom tirar proveito, mais uma vez, da atenção da turma e estabelecer as interações sociais, é oportuno o visual da máquina para suscitar as questões: Identifique nos materiais que formam a máquina de Wimshurst as partes condutoras e isolantes de eletricidade? Por que cada setor de alumínio tem pontas arredondadas? De onde vem à energia necessária para máquina entrar em funcionamento? Que tipo eletrização existe entre os metais dos discos e os neutralizadores? As cargas dos coletores vão para as garrafas de

Leyden, qual a contribuição destas garrafas? De onde vêm as descargas elétricas vistas nos terminais?

A pergunta inicial explora as características dos materiais condutores e isolantes presentes no equipamento. As pontas em formato de círculo evitam a perda de cargas pelas pontas, poder das pontas. A segunda pergunta desencadeia uma relação com a eletrização por atrito. Na terceira e quarta questão uma interação social desencadeia um vínculo com o conceito dos capacitores. As perguntas relacionadas à demonstração experimental foram direcionadas a realidade e experiência pessoal dos estudantes com o eletróforo.

O momento voltado à exibição da chuva de Kelvin deve estabelecer situações direcionadas às interações sociais entre os participantes. Na apresentação do fenômeno, cabe a pergunta: “O que provoca a descarga elétrica entre as esferas de alumínio?”

A análise dá a possibilidade dos alunos realizarem discussões e possíveis constatações entre si sobre os materiais condutores e isolantes, conjuntamente com mais contribuições do professor. Nesta ação, dada a viabilidade de investigação estrutural das partes do aparato deve ser aproveitada para levantar outros questionamentos: Por que a base estrutural é feita de canos PVC? Por que é preciso eletrizar a arruela? Que tipo de eletrização existe entre a arruela e a água que sai do gotejador? Por que a gota é atraída pela arruela? Qual a função do fio terra em cada um dos reservatórios?

Além de constatar o comportamento da água como uma substância condutora de eletricidade, durante a queda das gotas de água próximas a um corpo eletrizado, elas acabam carregadas com sinal oposta ao deste corpo eletrizado.

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- Data show e experimento demonstrativo.

VI – AVALIAÇÃO

Na ação didática, os alunos farão registros por escrito dos experimentos e situações problemas propostos. Serão avaliados pela capacidade de trabalhar em grupo e se expressarem nas discussões, que envolvem problemas propostos nas atividades.

Plano de aula - X

I – IDENTIFICAÇÃO

- 1.1 - Tema: Aplicação do pós-teste e questionário de aceitação da proposta.
- 1.2 - Duração da aula: 100 minutos

II - OBJETIVOS

2.1 – Objetivo Geral

- Recolher dados sobre o produto educacional aplicado.

2.2 – Objetivos Específicos:

- Aplicar pós-teste e questionário de aceitação da proposta de ensino.

III – Conteúdo

Fundamentos em Eletrostática

IV – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em sala de aula individualmente os alunos devem responder os questionários referentes à aceitação do produto educacional APÊNDICE L e respondem ao pós-teste APÊNDICE B.

V – RECURSOS DIDÁTICOS E AUDIOVISUAIS

- Questionários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. São Paulo: Editora Livraria da Física 2011.

ASSIS, A, K, T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal: Apeiron, Montreal, 2018. Disponível < <http://www.ifi.unicamp.br/~assis> >. Acesso em 23/05/2018.

Como fazer máquina de choques com forma de pizza. Disponível<https://www.youtube.com/watch?v=vklSPA4ay_4&t=92s>. Acesso em: 6/09/2018.

Como fazer uma máquina de choques caseira para feira de ciências. Disponível<<https://www.youtube.com/watch?v=Lxe4FAI-g6s&t=39s>>. Acesso em: 11/10/2018.

Construindo Eletroscópios de folhas. Disponível<<http://faiscas.com.br/eletrosc.html>>. Acesso em: 24/11/2017.

DA COSTA, M. P. F.; GUIMARÃES, H. P. **Ressuscitação cardiopulmonar – uma abordagem multidisciplinar**. São Paulo: Atheneu, 2006.

Detector de elétrons caseiro (eletroscópio – experiência de física). Disponível<<https://www.youtube.com/watch?v=qAsesJkyZ4Q>>. Acesso em: 6/09/2018.

Eletróforo de volta. Disponível. <[https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Ana-Elitha-dos-Santos-Amaral\(2008\).pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Ana-Elitha-dos-Santos-Amaral(2008).pdf)>. Acesso em: 26/02/2018.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013. v. 3.

O eletróforo de Volta. Disponível < <http://www.coe.ufrj.br/~acmq/eletroforo.html> >. Acesso em 01/03/2018.

Máquina de Wimshurst. Disponível <<http://faiscas.com.br/experimentos.html> >. Acesso em: 24/11/2017.

MONTEIRO, M. A. A. *et al.* **As atividades de demonstração e a teoria de Vigotski: um motor elétrico de fácil construção e de baixo custo**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 2: p. 371-384, 2010.

PERUZZO, J. **A Física Através de Experimentos: Eletromagnetismo, Física Moderna e Ciências Espaciais**. V.III. Irani (SC): 2013.

Porta Pilhas feito com Tampas de Refrigerante - Simples & Prático. Disponível <<https://www.youtube.com/watch?v=TOGL-3931Hs>>. Acesso em: 31/08/2018.

UNIVESP - Universidade Virtual do Estado de São Paulo. Licenciatura em Física. **Disciplina: Práticas para o Ensino de Física II – Fenômenos elétricos.** Disponível <<https://www.youtube.com/watch?v=MoUBOh17EvA>>. Acesso em 06/09/2018.

APÊNDICE A

TEMA: QUESTIONÁRIO DE RECEPTIVIDADE E PRÉ-TESTE

1º encontro

Questionário 1 – Informações sobre o público-alvo

Durante o seu ensino fundamental o professor (a) de ciências já realizou alguma atividade experimental?

Muitas vezes poucas vezes nenhuma vez

1. Qual a sua opinião sobre aulas que tenham experimentos?

São interessantes

Não são interessantes

2. Para você, qual a contribuição das aulas com atividades experimentais?

Podem me ajudar a entender melhor os assuntos

Não contribuem na compreensão dos conteúdos que eu estudo

3. Sobre a possibilidade de você realizar um experimento em ciências?

Gostaria de participar, seria proveitoso testar a teoria na prática

Gostaria de participar, apenas por curiosidade

Não vejo proveito em participar

4. No caso da sua participação em de uma atividade prática, você prefere montar o experimento em grupo ou de forma individual? Explique o motivo.

5. A partir do nono ano do ensino fundamental a ciência é dividida em física e química:

a) O que você espera da disciplina de Física?

b) Que tipo de coisas você espera estudar em Física?

c) Já leu ou ouviu falar algo sobre Física?

d) Possui acesso a internet?

Questionário de Concepções Espontâneas para Pré-Teste e Pós-teste

Leia atentamente cada uma das questões abaixo e marque as alternativas como verdadeiro (V) ou falso (F).

01. A água que bebemos, o ar que respiramos, as células dos seres vivos, os pingos da chuva, grãos de areia, sementes, frutas e legumes que ingerimos, barras de ferro, fios de cobre, rochas, etc., todos são exemplos de

- a) matéria cujo último constituinte são os átomos
- b) corpos que tem volume ocupando um lugar no espaço
- c) corpos que têm massa

02. O estudo da natureza íntima da matéria revela que todo corpo é formado por

- a) Átomos
- b) Células
- c) Água

03. Associamos a existência da carga elétrica

- a) A partir do átomo elemento que forma a matéria
- b) Apenas a objetos que dão choque
- c) A energia presente nas lâmpadas, relâmpagos, fios de poste e eletrodomésticos

04. O átomo é formado por muitas partículas dentre elas destacamos

- a) Apenas os prótons
- b) Prótons, elétrons e nêutrons
- c) Somente os elétrons

05. Um bom exemplo de representação do átomo é o modelo atômico da figura ou das figuras



06. O interesse principal da eletricidade está nos

- a) nêutrons por não possuírem cargas elétricas
- b) prótons e elétrons que são partículas dotadas de cargas elétricas
- c) prótons e nêutrons por não possuírem cargas elétricas

07. Quanto aos prótons e elétrons por convenção

- a) possuem cargas de mesmo sinal
- b) possuem cargas opostas
- c) não possuem cargas elétricas

08. A condição par um corpo ficar eletrizado acontece quando

- a) o átomo ganha ou perde elétrons
- b) apenas se o átomo perde nêutrons

c) o átomo nunca fica eletrizado

09. Nos desenhos estão eletrizados



a) Apenas I e II

b) Somente I e III

c) Apenas II

10. Um dos princípios básicos da Eletricidade é o da atração e repulsão entre cargas elétricas, observe os desenhos



a) Em I vai haver atração

b) Apenas em II acontece atração

c) Somente em III haverá atração

11. Um fenômeno marcante dos corpos eletrizados é que eles podem

a) apenas atrair outros corpos

b) depende da natureza de suas cargas atrair ou repelir outros corpos

c) estar ausentes de atração ou repulsão

12. São formas de eletrizar um corpo

a) O atrito, o contato e a indução

b) Apenas pelo contato com o corpo eletrizado

c) Somente quando ligamos um aparelho elétrico

13. Por que os fios são feitos de metal e não de outro material qualquer

a) Os metais são mais resistentes

- b) Metais transportam a energia
 - c) Apenas por serem mais flexíveis e mais baratos
14. O que diferencia um material de outros, permitindo-lhe ou não o transporte de “energia”
- a) Está ligada a característica de serem condutores ou isolantes
 - b) Todo e qualquer material conduz energia muito bem
 - c) Somente os isolantes conseguem conduzir bem a energia
15. É um dos instrumentos usados para verificar a eletrização de um corpo
- a) A mão de uma pessoa
 - b) Animais pequenos
 - c) Os eletroscópios
16. O que existe ao redor dos corpos eletrizados permitindo sua detecção é
- a) O agente físico campo elétrico de força
 - b) O princípio dos corpos ficarem parados
 - c) Só acontece algo se empurrarmos com a mão
17. O raio ocorre preferencialmente entre um ponto mais baixo da nuvem e um ponto mais alto no solo. Uma forma de evitar danos dessa descarga elétrica é
- a) Ficar embaixo de árvores
 - b) Ficar em campo aberto
 - c) O pára-raios
18. O fenômeno conhecido como poder das pontas é à base do funcionamento dos pára-raios. Isso acontece porque nas regiões pontiagudas
- a) Existem poucas cargas elétricas
 - b) Tem uma maior concentração de cargas elétricas
 - c) Não existem cargas elétricas
19. O dispositivo usado para armazenar cargas elétricas

a) É o Capacitor

b) A pilha

c) A tomada

20. Após vencer o desafio de gerar cargas, agora era preciso armazená-la, nesse desafio surgiu

a) A bateria

b) A garrafa de Leiden

c) A pilha

21. A ideia de provocar um choque controlado em pessoas com problemas no coração, levou os médicos a usar um aparelho denominado

a) Desfibrilador

b) Bateria

c) Tomada

APÊNDICE B

TEXTO: Uma abordagem histórica na descoberta dos fenômenos elétricos

Se você puder imaginar como era viver durante a noite em pleno século XVII, veria um cenário com iluminação feita por lamparinas e velas. Nesse período, ainda, não existia ventiladores, celulares, internet, televisores, rádios nem tantos outros aparelhos elétricos que estamos acostumados a ver em nosso dia a dia, nem mesmo a eletricidade era conhecida pelo ser humano. Nesse cenário teríamos que reformular toda nossa vida.

Os filósofos da ciência eram pessoas por traz das invenções, sujeitos comuns preocupados em resolver um problema de uma época. Por volta de 1600, algumas dessas mentes comparavam o universo a uma grande máquina e explicavam os acontecimentos da natureza pelo movimento de líquidos, gases ou das partes pequenas de algo. Na busca de uma solução costumavam discordar e melhorar as teorias científicas descobertas por outros cientistas, técnicos e engenheiros. Em boa parte dos casos, as descobertas aconteceram sem se preocupar para que elas fossem servir, os pesquisadores apenas queriam descobrir como funcionava o fenômeno. Movido pela curiosidade o ser humano produz conhecimento técnico e científico capaz de alterar a forma de viver das pessoas, que influi na forma como vão se vestir, se alimentar, se comunicar, dormir, etc. É por isso que a ciência faz parte da cultura humana, o conhecimento dela muda nossa forma de pensar e viver.

Desde o século VI antes de Cristo uma curiosa atração chamava atenção das pessoas do século XVII, uma resina fóssil vegetal amarelada, chamada âmbar, quando era esfregada na roupa ou no cabelo, passava a atrair objetos leves como palhas, pêlos do braço e penas. Você já deve ter experimentado este fenômeno, ao ligar uma televisão de tubo e aproxima o braço da tela e seus pêlos serem atraídos, explicamos essa atração dizendo que a tela da TV esta eletrizada. Este mesmo fenômeno explica a atração dos pedacinhos de papel pela caneta que foi esfregada no cabelo. A origem da palavra eletricidade tem haver com a tradução de âmbar para a linguagem grega que significa “*elektron*”. Uma dessas pessoas intrigadas com o fenômeno atração era o médico inglês William Gilbert, por volta de 1600 ele publicou o livro *De Magnete*, onde descreve e diferencia os fenômenos elétricos dos magnéticos. Para estudar os fenômenos elétricos, ele construiu um instrumento elétrico chamado de *versorium*, com esse experimento descobriu que não era só o âmbar, mas tinha outros objetos que também podiam ser eletrizados atraindo objetos leves. O livro Gilbert comparava o planeta Terra a um grande ímã, para tentar confirmar essa propriedade Otto Von Guericke construiu uma máquina, na qual o planeta era uma esfera formada por diferentes materiais, quando funcionava a esfera girava e fazia atrito

com outros materiais soltando faíscas, essa invenção produzia pela primeira vez na história descargas elétricas.

A essa altura você pode perguntar de onde vem a eletricidade? Qual a sua origem? Ao seu redor existe o ar, o solo, a água, pessoas, plantas e uma infinidade de acessórios como: caderno, caneta, tinta, roupas, relógios, carteiras, entre outros. Tudo isto é matéria e todos os objetos materiais com os quais você tem contato no seu dia-a-dia são feitos de átomos, eles são os tijolos fundamentais, responsáveis pela formação da matéria.

Os átomos são formados por três tipos de partículas: os prótons, que são partículas de carga positiva (+), os nêutrons, partículas sem carga e os elétrons, partículas de carga negativa (-). Assim, existem dois tipos de cargas: cargas positivas (+) e cargas negativas (-) com origem nas partículas elementares que constituem os átomos. Mas, aonde ficam essas partículas? No centro do átomo está o núcleo formado pelos prótons e nêutrons, os elétrons giram ao redor do núcleo, formando a eletrosfera. Fonte: BRAGA, MARCO; GUERRA, A.; REIS, J. C. Faraday e Maxwell: Eletromagnetismo da indução aos dínamos. (Adaptado)

Questões

1. Como você poderia se imaginar vivendo no século XVII?

2. Critique as três frases: *“As descobertas científicas são feitas por grandes gênios”*, *“As descobertas científicas nunca mudam”*. *“A ciência não interfere na vida das pessoas”*.

3. Para que serve o *versorium*?

4. O experimento de Guericke conseguiu confirmar a teoria de Gilbert? Por quê?

5. Imagine todas as coisas existentes (seres vivos, objetos diversos, o ar, a água, as estrelas, os planetas, etc.), o que todos eles têm em comum?

6. Desenhe um átomo e mostre suas partículas fundamentais? Quais delas têm carga elétrica?

APÊNDICE C

PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

1. OBJETIVO

Identificar os materiais condutores e isolantes em um circuito simples.

2. MATERIAS UTILIZADOS

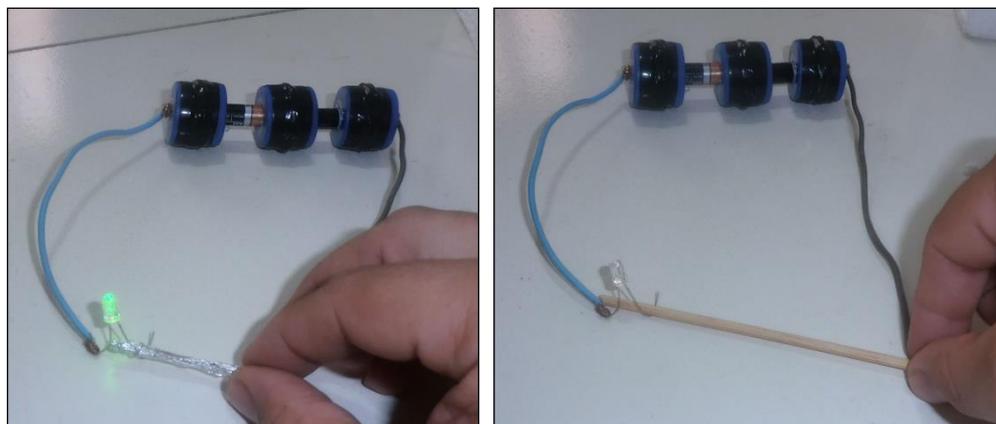
- Duas pilhas de 1,5 V;
- Um porta pilhas;
- Dois fios condutores flexíveis;
- Um LED;
- Um eletroscópio;
- Canudo;
- Guardanapos de papel.

3. PROCEDIMENTOS

O experimento é desenvolvido em duas partes na primeira usamos um circuito simples e na segunda contara com um eletroscópio.

1ª parte: Os alunos devem marcar na tabela abaixo quais são os materiais condutores e isolantes, observando se o LED emite ou não emite luz, figura 1.

Figura 1: Teste no circuito para verificar em sequência um material condutor e outro isolante.



Fonte: Autoria própria.

1. Marque um X para identificar se o material é isolante ou condutor.

MATERIAL	CONDUTOR	ISOLANTE
Papel de caderno		
Papel alumínio		
Água e açúcar		
Água e sal		
Madeira		
Grafite		
Plástico		
Borracha		
Cobre		
Ferro		
Alumínio		

2. Explique como você diferencia um material condutor de outro material isolante?

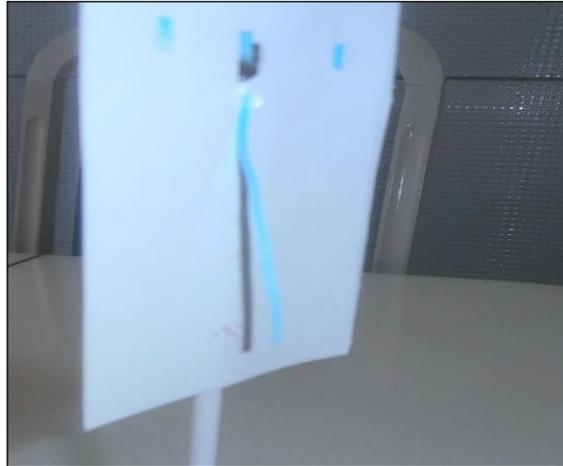
3. O professor pode carregar um canudo esfregando em um papel toalha e aproximar de papel picado. Agora o professor tenta carregar um fio de metal (cobre) friccionando-o em outro papel toalha em seguida faz a aproximação entre o fio e o papel picado. Diante dos resultados presenciados pelos alunos são feitas as seguintes perguntas.

a) Em qual dos casos o papel foi atraído? Por quê? Este material é condutor ou isolante?

b) Por que um dos experimentos não funcionou? É possível eletrizar este material? Explique.

2ª parte: Os alunos testam dois materiais um condutor (papel alumínio) e outro isolante (madeira), encostando cada um deles no eletroscópio carregado, figura 2. Em seguida responder à questão.

Figura 2 - Eletroscópio carregado.



Fonte: Autoria própria.

“O material condutor continua sendo condutor e o material isolante permanece sendo isolante”

1. Existe algum engano na frase acima? Por quê?

2. Os conceitos de materiais condutores podem ser absolutos ou relativos?

3. A mesma resposta dada aos condutores serve para os materiais isolantes? Por quê?

APÊNDICE D

PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

1. OBJETIVO

Demonstrar nos processos de eletrização por atrito e contato, o mecanismo da atração e repulsão de uma lata.

2. MATERIAL EMPREGADO

- Cano de PVC;
- Lata de aço;
- Papel guardanapo.

3. PROCEDIMENTOS

A sala é dividida em grupos, cada conjunto recebe: uma lata, papel guardanapo e um cano de PVC. No primeiro momento, os alunos fazem uma aproximação entre o cano neutro de PVC e a lata. No momento seguinte os alunos eletrizam o cano friccionando-o contra o papel e fazem uma nova aproximação entre a lata e o cano, onde evidenciam uma atração. Em mais uma interação, os participantes devem notar como varia a força de natureza elétrica sobre a lata, quando aproximam e afastam o cano eletrizado da lata. Em cada uma dessas situações os participantes devem discutir e anotar aquilo que observaram.

1. É possível afirmar que nos dois casos sempre existe uma força elétrica? Por quê?

2. Essa força é somente atração ou só de repulsão?

3. Explique como é a ação da força elétrica na lata se é maior quando cano está próximo ou mais afastado dela?

Em outra etapa, os alunos realizam um contato entre o tubo eletrizado e a lata, separando os dois, os participantes eletrizam mais uma vez o cano friccionando-o contra o papel, quando estiver eletrizado o cano deve ser aproximado da lata. Os participantes devem anotar nas suas observações:

4. O que aconteceu nesta nova aproximação entre o cano e a lata?

5. Como se explica movimento entre os dois?

Este é um momento importante para realçarem em suas respostas a eletrização por contato e a força de repulsão elétrica na sequência do experimento.

APÊNDICE E

PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

1. OBJETIVO

Desenvolver uma atividade onde a os alunos constroem e registram observações sobre um eletroscópio.

2. MATERIAL EMPREGADO

- Cartolina;
- Canudo de plástico;
- Papel seda;
- Fio de náilon;
- Recipiente transparente com tampa;
- Fio condutor rígido;
- Papel alumínio.

3. PROCEDIMENTOS

Nesta atividade dividimos a turma em grupos para cada um deles fazer um tipo de eletroscópio, exploramos três modelos de eletroscópio: o de cartolina, o de folhas e o pendular.

Recortamos a cartolina no formato de retângulo com dimensões de 7 por 10 cm. Para seguir a estética do aparato posicionamos o lado maior do retângulo na vertical e prendemos com pequenas fitas adesivas o canudo na sua face oposta, deixando rentes as bordas superiores do canudo e retângulo. Em seguida recortamos uma tira fina de papel seda de 2 por 8 mm. Esta tira é obtida das embalagens para beijinhos ou em papel que vem dentro das caixas de sapato. Usamos uma gota de cola para prender a tira a 0,5 cm da borda superior do retângulo. O suporte deste eletroscópio é um copinho de plástico de 50 ml, preenchido com gesso misturado a água, introduzimos nele a extremidade livre do canudo e esperamos por dois minutos a solidificação do gesso.

Figura 1 - Eletroscópios de cartolina.



Fonte: Autoria própria.

Retiramos e perfuramos o centro da tampa do recipiente e introduzir por esta abertura o fio condutor. No experimento usamos o fio de 1,5 mm, que teve um dos extremos dobrado em forma de gancho, para receber uma tira fina de papel alumínio recortada com 0,5 por 10 cm. Quando enroscar a tampa no recipiente atira presa ao gancho fica na parte interna dele e a outra extremidade do fio fica no lado externo do pote.

Figura 2- Eletroscópio de folhas.



Fonte: Autoria própria.

Para preparar o pêndulo elétrico, usamos uma linha de náilon, na ponta dessa linha aplicamos um pingo de cola para prender o papel alumínio, que foi previamente recortado em

forma de gota. O suporte é semelhante aquele usado no eletroscópio de cartolina, porém, introduzimos no canudo pertencente a esta base um palito de churrasco com a finalidade de obtermos rigidez e permitir o encaixe do segundo canudo para formar uma estrutura em forma de L, na ponta livre desse arranjo prendemos a linha de náilon.

Figura 3 - Pêndulo elétrico.



Fonte: Autoria própria.

Aproveitamos a praticidade didática do eletroscópio no ensino dos fenômenos da eletrostática e direcionamos ações que os alunos devem executar para em seguida responder perguntas. No início os alunos devem aproximar um canudo neutro do eletroscópio, depois devem eletrizar o canudo por atrito com papel e conduzi-lo para perto do eletroscópio. Para que serve o eletroscópio? O que acontece quando atritamos o canudo no papel? Caso as respostas não saiam o professor pode tratar da origem das palavras *êlektron* (âmbar) e *scopio* (observar). Os alunos devem perceber que o eletroscópio permite observar a ação de corpos carregados, este momento é igualmente favorável para estabelecer uma interação social, onde a turma discute o fenômeno da eletrização por atrito envolvendo o canudo e o papel, já visto anteriormente. Dessa maneira, podemos solicitar que os participantes identifiquem, ainda, quais são as partes condutoras e as isolantes do eletroscópio? Em outra interação, o professor pode mostrar como carregar e descarregar um eletroscópio e indagar: Por que no processo de carga a folhinha move se afastando? A carga nestas folhas é igual ou oposta a do canudo? Que tipo de eletrização (atrito, contato ou indução) carrega o eletroscópio? Para onde vão às cargas do eletroscópio no momento da descarga? As respostas que esperamos dos estudantes devem envolver a força elétrica de repulsão entre as cargas nas folhas eletrizadas por contato. Vai ser este mesmo tipo de eletrização, que possibilita a passagem das cargas do eletroscópio para o corpo da pessoa, é o mecanismo de aterramento do corpo eletrizado. No processo de carga por

indução, inicialmente, o professor eletriza o canudo por atrito para aproximá-lo do eletroscópio de folhas, depois das observações, pode indagar da turma: Por que as folhas se afastaram? Dada a proximidade do canudo eletrizado da esfera do eletroscópio, o professor toca e afasta rapidamente, a ponta de um dos dedos da esfera, em seguida afasta o canudo do aparelho, desta vez as folhas permanecem separadas. Desta interação surgem as perguntas: Por que as folhas do aparelho ficaram abertas? Para que serviu o toque do dedo na esfera?

Que tipo de eletrização carregou as folhas do eletroscópio? A carga adquirida pelo aparelho é igual ou diferente daquela do canudo? A ocasião é importante para verificar nos argumentos dos alunos se notam no processo de separação das cargas elétricas dos componentes metálicos do eletroscópio, o mecanismo de carga por indução e explorar mais uma vez a noção de força elétrica.

APÊNDICE F

PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

1. OBJETIVO

Apresentar e construir uma garrafa de Leyden.

2. MATERIAL EMPREGADO

- Garrafa PET;
- Papel alumínio;
- Papel toalha
- Fita adesiva;
- Fio condutor rígido;
- Tesoura;
- Cano PVC.

3. PROCEDIMENTOS

Nesta proposta dividimos a turma em grupos para fazerem seu próprio capacitor. Primeiro devem cortar duas folhas de papel alumínio tomando cuidado para deixar a uma altura menor que a do recipiente PET e com um comprimento necessário para dar uma volta e meia nesta garrafa. As folhas de alumínio devem revestir as partes interna e externa do recipiente para firmar cada uma delas será usada uma fita adesiva. A tampa da garrafa deve ser perfurada para passagem do fio condutor, que faz contato com a parte interna através de um pedaço de palha de aço, a parte externa do fio é dobrada em forma de círculo para evitar a fuga das cargas pela ponta. Para carregar a garrafa de Leyden, os alunos devem eletrizar o cano PVC esfregando no papel toalha, em seguida um dos integrantes do grupo segura a garrafa pela parte lateral e descarregar o cano na parte superior do fio condutor, o processo é repetido algumas vezes para dar uma boa carga no dispositivo. No processo de descarga com a luz apagada um dos participantes deve segurar a garrafa externamente e aproximar a ponta de um dos dedos da outra mão do fio condutor.

Perguntas

1. Identifique na sua garrafa de Leyden quais são os materiais condutores? Existe alguma parte isolante? Se sim, qual?
2. Desenhem nas partes internas e externas do seu capacitor os sinais + (positivo) e – (negativo) para mostrar como ele fica eletrizado.

garrafa de Leyden



APÊNDICE G

Texto: Surgimento e aplicação dos capacitores

Em pleno século XVIII, a ciência experimental fazia avanços significativos com a eletricidade, sabia-se eletrizar um corpo por atrito e passar parte dessa carga elétrica encostando-o em outro corpo neutro, desta forma se carregava eletricamente um material por contato.

Em 1729, Stephen Gray publica trabalhos vertiginosos para o avanço da eletricidade, pela primeira vez conseguia-se separar os materiais em dois grupos: o dos condutores e dos isolantes. Ele também mostrava que era possível controlar e armazenar a eletricidade. Naquele momento, o experimento da atração no *versorium* de Gilbert já estava ultrapassado, outros filósofos perceberam forças de repulsão e apresentavam a existência de dois tipos de eletricidade uma que afastava os corpos e outra capaz de atrair a matéria. Outra revelação veio do filósofo Benjamin Franklin diferenciando os corpos eletrizados em positivos e negativos, tal descoberta abriu caminho para entender como a força elétrica atua: corpos eletrizados com cargas de sinais iguais se afastam e os corpos eletrizados com cargas de sinais diferentes se atraem.

Os avanços na área da eletricidade revelavam que, ela podia ser controlada, isto permitiu que muitas pessoas prestigiassem apresentações envolventes com demonstrações espelhadas nas máquinas produtoras de energia estática. Por volta de 1745, muitos estudiosos tentavam armazenar a energia elétrica nas máquinas elétricas, dois pesquisadores de países diferentes usaram uma garrafa com água e uma rolha perfurada de cima até em baixo por um prego metálico, que fazia contato com a parte interna do recipiente. Esse arranjo recebeu o nome de Garrafa de Leyden surgia, assim, o primeiro capacitor.

Um capacitor tem a função de armazenar energia elétrica para uso futuro. Nas tecnologias atuais, os capacitores são fundamentais para os circuitos elétricos e dispositivos eletrônicos, tais como: telas *touch screen* dos celulares, caixas eletrônicos, amplificadores de som, sintonizar rádios, teclados de computadores, televisões, sistema de disparo de flash das câmeras, carregadores de celular, etc. Mas, o que um capacitor tem a ver com problemas do coração? Durante um enfarto o coração bate de forma rápida e irregular, este estado é a fibrilação cardíaca, que pode ser interrompida com um choque elétrico de um capacitor especial chamado de desfibrilador. Para fazer um capacitor são usadas duas placas de um material condutor, elas ficam separadas por um isolante (o ar, plástico, vidro, etc.). **Fonte:** BRAGA, MARCO; GUERRA, A.; REIS, J. C. Faraday e Maxwell: Eletromagnetismo da indução aos dínamos. (Adaptado)

Questões

1. Explique se a frase abaixo é falsa ou verdadeira: *“A história da eletricidade revela que as descobertas ciência são feitas por uma única pessoa que descobre tudo sozinha sem ajuda de colaboradores”*.
2. Para que serve um capacitor?
3. Onde ele é usado? Que eletrodomésticos da sua casa tem capacitores?
4. Como funciona um capacitor? Que materiais são usados para fazer um capacitor?
5. É possível usar um capacitor para salvar vidas? Qual o nome desse capacitor especial?

APÊNDICE H

PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

1. OBJETIVO

Desenvolver uma oficina onde os alunos montam um eletróforo com materiais de baixo custo e de fácil construção para serem utilizadas em sala de aula como atividades demonstrativas.

2. MATERIAL EMPREGADO

- Tampa de plástico de lata;
- Papel alumínio;
- Papel toalha;
- Placa de PVC;
- Canudo ou caneta;
- Cola tudo;
- Bastão para cola quente.

3. PROCEDIMENTOS

Os grupos de alunos, formados por quatro ou cinco integrantes, devem recortar o papel alumínio, que vai revestir toda a base da tampa de plástico e uma pequena parte da sua face superior. No momento do corte, orientamos os participantes para deixar o raio da circunferência de papel alumínio três centímetros. A parte interna da tampa constitui a face superior do disco coletor de cargas, é nela que os alunos devem fixar o cabo isolante com cola tudo e depois com cola quente, usamos um canudo de refresco como cabo. O disco metálico fica apoiado sobre a base de PVC.

Na operação com o aparelho, os participantes fazem o processo de fricção na placa de PVC usando papel toalha, em seguida põem o disco de alumínio sobre a base isolante e toca a ponta de um dos dedos da mão por cima a face metálica próxima ao cabo para carregar o eletróforo e afasta a mão. Se erguer o disco pelo cabo e aproximar um dos dedos do eletróforo, ele descarrega. Uma nova carga no aparelho acontece se apoiá-lo novamente na base isolante e tocar com a ponta do dedo, ele está pronto para uma nova descarga, não precisa mais haver

atrído entre a placa de PVC e papel toalha. Além de poder experimentar pequenos choques elétricos na descarga do eletróforo, os alunos verificar o processo de atração e repulsão em eletroscópios, acender uma lâmpada, passar a carga do eletróforo para um capacitor (garrafa de Leyden) e descarregar este condensador na lâmpada, desta forma os alunos devem explorar na prática os possíveis conhecimentos físicos adquiridos.

Perguntas

1. Por que é preciso eletrizar a base isolante com papel toalha?
2. O que acontece quando apoiamos o disco de alumínio na base isolante? Por que é preciso tocar o dedo na parte de cima do disco?
3. Que processo ocorre quando o disco é erguido da base e aproximamos um dos dedos dele?

As perguntas visam rebuscar na percepção dos estudantes os conceitos explorados na teoria e na prática. Eles devem perceber que depois do atrído a placa eletrizada polariza as cargas do disco condutor, expulsando as cargas de mesmo sinal para a superfície do escudo metálico e atrái na sua superfície as cargas da base do condor. O toque do dedo é necessário para neutralizar as cargas induzidas na superfície do disco, quando ele for elevado fica carregado por indução com uma carga de sinal oposta à da placa de PVC, se aproximar a ponta de um dos dedos outra vez, sucede a descarga do eletróforo.

APÊNDICE I

Texto: Choques que salvam vidas

A cena é comum em filmes: o paciente está sendo atendido deitado sobre a maca quando, de repente, sinais sonoros começam a tocar, os monitores mostram curvas frenéticas e os médicos pedem à enfermagem o desfibrilador. Duas pás metálicas são cobertas com um gel e colocadas em pontos opostos no peito do paciente. Uma descarga elétrica é lançada entre as pás, percorrendo o coração. Em alguns segundos, os sinais vitais voltam ao normal.

Choques elétricos podem ser usados basicamente para tratar dois casos de arritmia cardíaca bem específicos, uma vez que o funcionamento das fibras musculares está diretamente associado ao transporte de correntes elétricas nos tecidos nervosos.

Um dos casos é chamado de fibrilação, e o tratamento para ele é denominado desfibrilação; o equipamento utilizado nesse tratamento é o desfibrilador.

Na fibrilação, os sinais elétricos responsáveis pelos comandos do músculo cardíaco se desorganizam, impossibilitando sua contração e o bombeamento do sangue. É o tipo mais comum de parada cardiorrespiratória. Com o choque elétrico, as fibras musculares do coração são despolarizadas, de modo que o centro responsável pelo controle elétrico do coração, o nó sinusal, pode retomar o controle do ritmo cardíaco. Quanto mais demora a aplicação do choque, menores são as chances do paciente. Na desfibrilação, o choque aplicado não está, de modo algum, sincronizado com o ritmo cardíaco.

A maioria dos desfibriladores utilizados nos hospitais é do tipo monofásico. Isso quer dizer que ele é capaz de liberar a energia elétrica acumulada num capacitor em um pulso simples. Desfibriladores mais modernos são do tipo bifásico, ou seja, liberam a carga elétrica em dois pulsos seguidos, em que a polaridade do segundo é invertida em relação à polaridade do primeiro. Com o pulso bifásico, a quantidade de energia necessária para o tratamento é mais baixa que no pulso monofásico.

Na desfibrilação externa, são utilizados, em adultos, até 360 J para desfibriladores monofásicos e de 120 a 200 J para os bifásicos. Em crianças, são usados de 2 a 4 J por quilograma de massa corporal. A descarga elétrica dura cerca de 0,01 segundo.

Na desfibrilação interna, feita diretamente no coração com pás especiais, inicia-se com 0,5 J por quilograma. A diferença de quantidade de energia para o procedimento interno e para o externo se deve ao fato de que a caixa torácica oferece resistência elétrica ao pulso, dissipando parte da energia aplicada. Uma técnica antiga, pouco utilizada atualmente e que pode fazer o papel do choque nos casos de fibrilação, é o soco precordial. Nesses casos, um soco no peito

do paciente é capaz de fornecer de 30 J a 40 J de energia ao coração, muito menos que os 360 J do desfibrilador, mas suficiente, em alguns casos, para “reiniciar” o coração.

O outro caso em que o choque elétrico é indicado é um tipo de arritmia cardíaca que “diminui o rendimento” do coração. Nesse caso, o mesmo aparelho, o desfibrilador, é utilizado, porém o choque deve ser sincronizado ao ritmo cardíaco. Além disso, são utilizados choques de menor intensidade, de cerca de 100 J de energia. Esse tratamento é chamado de cardioversão.

Atualmente, no Brasil, por força de lei, em locais com grande circulação de pessoas, como praças de esporte ou *shopping centers*, o desfibrilador externo automático (DEA) é equipamento obrigatório. Afinal, a agilidade no atendimento a paradas cardíacas é fator decisivo para o salvamento. DA COSTA, M. P. F.; GUIMARÃES, H. P. *Ressuscitação cardiopulmonar – uma abordagem multidisciplinar*. São Paulo: Atheneu, 2006.

APÊNDICE J

Texto: O contexto histórico para apresentar a Máquina de Wimshurst e Chuva elétrica de Kelvin.

Durante os séculos XVII e XVIII, as máquinas ganhavam destaque na sociedade, a ponto de muitos homens compararem o universo a um grande relógio criado por Deus, para eles a natureza podia ser compreendida como um pequeno conjunto de peças minúsculas em movimento. O mundo passava por transformações econômica, social e cultural, graças à conquista dos mares, novas terras foram encontradas e outras culturas davam novo significado a natureza na visão de mundo. A construção do conhecimento não se dava apenas com experimentos feitos para negar ou confirmar as teorias, também se desenvolvia pelo confronto de ideias de pessoas que viam a natureza de forma diferente. No contexto da época, quem fazia ciência era visto na sociedade como pessoa sábia, que desvendava o trabalho de Deus, conhecendo a natureza. Neste cenário, as máquinas de gerar cargas elétricas, como a grande esfera de enxofre de Guericke foi substituída por globos e cilindros de vidro movidos por polias e correias conectadas a manivelas, o vidro girava e roçava na borracha produzindo faíscas que saltavam da máquina, mas com o tempo tais engrenagens caíram em desuso. Poucas delas sobreviveram e uma ainda em uso nos nossos dias é a máquina de Wimshurst, útil para fazer demonstrações da eletricidade estática nos laboratórios e feiras de ciências. Igual ao eletróforo, esta máquina funciona pelo princípio da indução elétrica, ela é formada por um par de discos de material isolante, colocados próximos um do outro para girar em sentidos opostos. No movimento, cargas dos setores de alumínio são separadas nos extremos dos discos e multiplicadas à medida que eles giram, parte destas cargas passa para os coletores de cargas de modo que nos seus extremos teremos um terminal positivo e outro negativo. Se os terminais são aproximados o campo elétrico aumenta e o ar se torna um condutor propiciando uma faísca elétrica entre os terminais. Em 1867, um modelo de máquina geradora de eletricidade nunca vista foi apresentada por Kelvin, nesta máquina gotas de água carregadas eletricamente caem e são armazenadas em recipientes isolados, como as cargas das gotas vão sendo acumuladas é possível gerar faíscas entre os terminais em formato de esferas instalados nestes recipientes.

Fonte: BRAGA, MARCO; GUERRA, A.; REIS, J. C. Faraday e Maxwell: Eletromagnetismo da indução aos dínamos. (Adaptado)

Questões

1. A partir dos acontecimentos dos séculos XVII e XVIII, é possível afirmar que a ciência não sofre influência dos acontecimentos de uma época? Explique.

2. Critique a frase: “A ciência é feita apenas com experimentos para comprovar as teorias”?

3. O que mais chamou sua atenção:

a) Na máquina de Wimshurst?

b) Na Chuva elétrica de Kelvin?

APÊNDICE K

Questionário 2 – Aceitação e aplicabilidade da proposta

Use um **X** para marcar a alternativa que melhor representa sua opinião em relação ao produto:

Opinião	 Concordo	 Concordo em parte	 Discordo
Afirmativa			
a) Gosta de realizar experimentos nas aulas de ciências com Física			
b) Considera interessantes as atividades experimentais realizadas nas aulas de Física.			
c) Gostaria de continuar com aulas experimentais em outros assuntos da Física.			
d) As aulas experimentais facilitam o entendimento dos conceitos da Física.			
e) Atividades experimentais agudam a relacionar o conteúdo da física com o nosso dia-dia.			
f) Aprovo o uso do eletróforo, da Máquina de Wimshurst e da chuva de Kelvin no estudo dos fenômenos eletrostáticos.			
g) As aulas de Física em eletrostática são interessantes.			
h) O trabalho em grupo melhora o relacionamento com os colegas.			
i) Trabalhar em grupo ajuda no entendimento do conteúdo.			

a) Das atividades experimentais desenvolvidas qual delas chamou mais sua atenção? Por quê?
