

PRODUTO EDUCACIONAL

Kit Didático para uma Abordagem Histórico-Experimental da Eletricidade

Emely Giron dos Santos

Produto educacional resultante de Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, pelo UFJF/IF-Sudeste-MG, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Professor Doutor André Koch Torres de Assis

Juiz de Fora
Março de 2018

Sumário

O <i>Kit</i> sobre Eletricidade.....	3
Metodologia.....	4
Suporte de Gesso.....	6
Eletroscópio.....	6
Pêndulo Elétrico.....	7
Versório Metálico.....	8
Versório de Du Fay.....	9
Plano de Prova de Coulomb.....	11
Tira Pendular Plástica.....	13
Circuito Elétrico Simples.....	15
Experimentos.....	16
1º experimento.....	16
2º experimento.....	16
3º experimento.....	16
4º experimento.....	17
5º experimento.....	17
6º experimento.....	18
7º experimento.....	19
8º experimento.....	19
9º experimento.....	20
10º experimento.....	20
11º experimento.....	21
12º experimento.....	21
13º experimento.....	23
14º experimento.....	23
15º experimento.....	24
16º experimento.....	24
17º experimento.....	26
Referências Bibliográficas.....	27

Prezado (a) Professor (a):

Este material traz uma proposta didático-metodológica para uma abordagem histórica e experimental do conteúdo de Eletricidade nos Ensinos Fundamental e Médio da escola básica. A proposta é composta por uma sequência didática, para a organização e estruturação do conteúdo, e por um kit de experimentos que serão desenvolvidos junto com o conteúdo. Detalharemos aqui os materiais utilizados, o passo a passo para a montagem de cada aparelho, bem como suas funções e inspirações históricas. Este material foi testado e validado por meio de um trabalho de pesquisa realizado no âmbito do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF – Polo Juiz de Fora, com a dissertação “Uma Abordagem Histórica e Experimental sobre Eletricidade no Ensino Fundamental e Médio”.

O Kit sobre Eletricidade

Para o desenvolvimento de um produto educacional que auxiliasse o estudo de conteúdos da Física foram utilizadas as teorias sobre aprendizado desenvolvidas, sobretudo, por Vygotsky aplicadas ao ensino de Física no Ensino Básico, com ênfase nos conceitos de eletricidade.

Um dos diferenciais deste *kit* é que seu baixo custo permite que cada aluno construa sua própria montagem, podendo levá-la para casa ao fim da aplicação. A ideia principal e a importância de cada estudante possuir o seu *kit* pessoal é o desejo de que cada aluno tenha meios para construir seus próprios instrumentos participando ativamente da realização dos experimentos, transformando-se em agentes atuantes na descoberta dos conceitos físicos em questão.

Os instrumentos presentes no *kit* devem ser previamente preparados e organizados. Alguns elementos como pregar o prego na rolha e amarrar a linha no canudo podem ser pré-montados por questões de segurança. O mesmo cuidado deve ser dado aos instrumentos que contêm alfinetes ou necessitavam da utilização da tesoura. Os demais instrumentos são entregues fragmentados para os estudantes realizarem a própria montagem. Os instrumentos contidos nos *kits* serão detalhados a seguir.

Tais instrumentos serão utilizados para realizar experiências que facilitem a aprendizagem de temas como cargas elétricas de sinais diferentes, atração e repulsão eletrostática, conservação de carga elétrica, polarização elétrica em condutores, eletrização por atrito, contato e indução, juntamente com o estudo de condutores e isolantes.

Metodologia

Para a elaboração do *kit* e dos experimentos são utilizados materiais acessíveis e de baixo custo. Nada impede que alterações sejam feitas quanto ao material, desde que observando a necessidade de testes antes de sua aplicação para resguardar a segurança dos alunos e garantir que os experimentos sejam capazes de oferecer o mesmo resultado.

Os materiais utilizados estão listados a seguir:

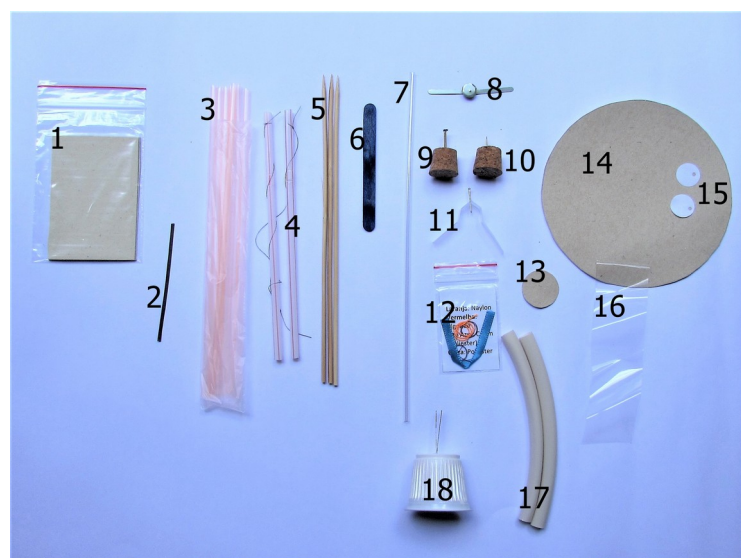
1. Papel cartão ou cartolina;
2. Papel de seda¹;
3. Canudos plásticos;
4. Canudos plásticos sanfonados;
5. Palitos de madeira (como os espetinhos de churrasco);
6. Palitos de picolé;
7. Palito de acrílico;
8. Colchetes tipo bailarina;
9. Rolha com prego;
10. Rolha com alfinete;
11. Tira de plástico rígido com alfinete;
12. Linhas de:
 - a) náilon;
 - b) algodão;
 - c) poliéster;
 - d) Fita de poliéster;
13. Círculo de cartolina pequeno;
14. Círculo de cartolina grande;

¹ O papel de seda pode ser aquele utilizado para enrolar balas de coco pela facilidade de ser encontrado e pelo custo-benefício.

- 15. Círculos de papel;
- 16. Tiras de plástico;
- 17. Mangueira plástica de chuveiro;
- 18. Suporte de gesso.

Abaixo, na Figura 1, podemos ver os materiais detalhadamente.

Figura 1. Materiais utilizados no kit.



Fonte: Acervo Pessoal.

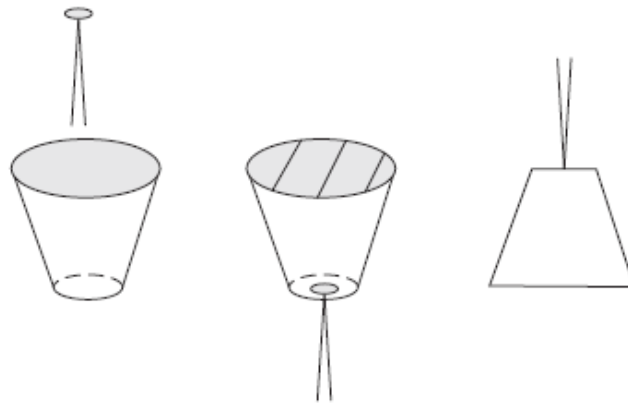
Alguns materiais que serão utilizados nos experimentos não estão contidos nos *kits*, tais como tubos de PVC, massa de modelar e um equipamento composto por pilhas e lâmpada (que será detalhado mais a frente). Estes podem ser levados apenas no dia da aplicação de experimentos específicos, pois podem ser utilizados em aplicações futuras.

Ao todo, foram elaborados 17 experimentos realizados com 7 instrumentos que compunham o *kit*. Estes experimentos foram selecionados para estimular nos estudantes descobertas a respeito dos conceitos básicos, mas não triviais, sobre eletricidade.

Suporte de Gesso

O suporte utilizado durante os experimentos necessita ser preparado previamente usando um copinho de plástico para café, um colchete² tipo bailarina e gesso. Faz-se um pequeno furo no fundo do copinho e atravessam as pernas do colchete por ele. Vira-se a abertura do copo para cima, encha-o completamente com uma massa de gesso e o deixa nessa posição até estar seco. É aconselhável que se faça vários copinhos, pois em alguns experimentos utilizaremos mais de um. Abaixo temos uma ilustração (Figura 2) do suporte.

Figura 2. Suporte feito com copinho de café, colchete tipo bailarina e gesso.



Fonte: Assis (2011b, p. 64).

Alguns materiais alternativos para o suporte utilizado podem ser massa de modelar, com um colchete tipo bailarina ou um simples prego atravessando a massa de modelar.

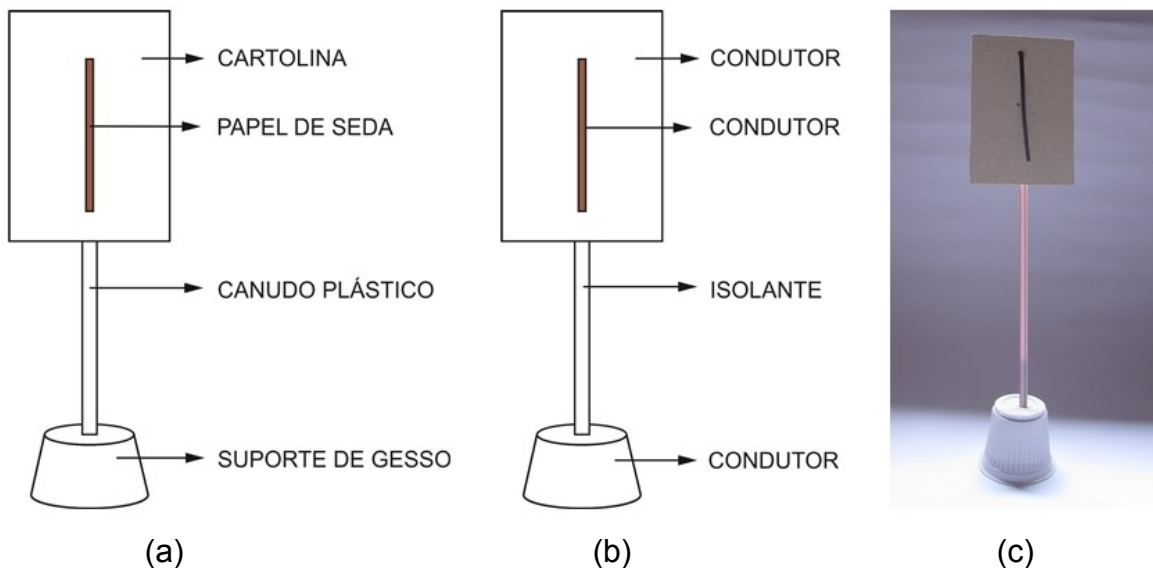
Eletroscópio

O modelo mais simples do eletroscópio é composto por um retângulo de papel cartão com as dimensões 10 cm de altura por 7 cm de largura, um canudo de plástico, uma tira fina de papel de seda e um suporte de gesso.

² Como o colchete ficará por dentro do canudo plástico, deve-se atentar a respeito do seu tamanho.

Cola-se o retângulo de papel cartão no canudo usando dois ou três pedaços de fita crepe, de tal forma que as pontas da fita crepe não ultrapassem as laterais do retângulo de papel cartão. Em seguida cola-se com um pingo de cola uma extremidade da tira de papel de seda próximo à extremidade superior do retângulo de papel cartão, sem que a tira ultrapasse a extremidade. Por fim, encaixa-se a parte inferior do canudo de plástico no suporte de gesso. Podemos ver na Figura 3 uma representação dos materiais utilizados, quais são condutores e isolantes e uma foto do instrumento montado.

Figura 3. (a) Materiais utilizados na confecção do eletroscópio; (b) condutores e isolantes no eletroscópio; (c) foto do eletroscópio montado.



Fonte: Acervo Pessoal.

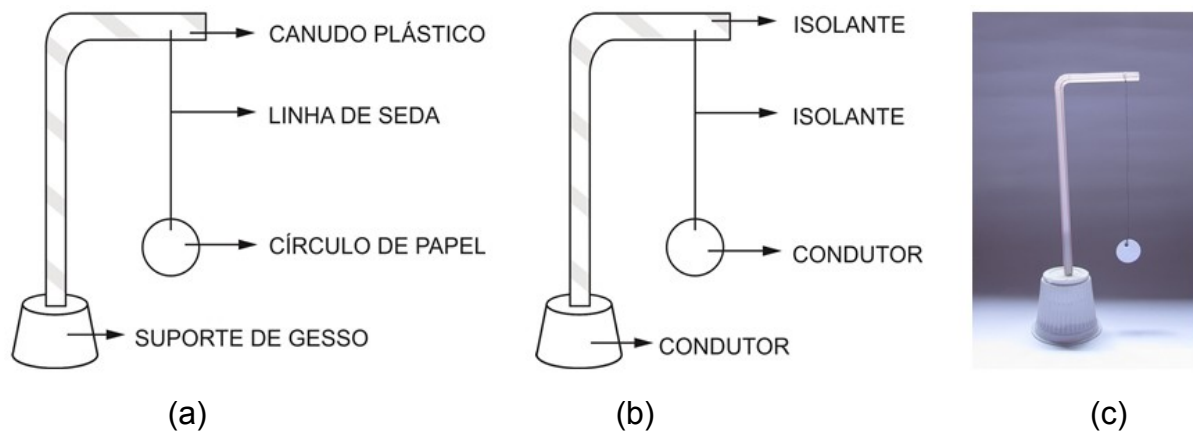
Pêndulo Elétrico

Gray, em 1720, realizou alguns experimentos utilizando uma penugem ligada a extremidade de um fino fio de seda preso na outra extremidade por uma vareta de madeira fixada a um suporte (para que permanecesse de pé sobre uma mesa). Essa é a descrição mais antiga de um pêndulo elétrico.

O pêndulo elétrico é composto por um canudo de refresco plástico e sanfonado, um pedaço de linha de seda (ou de poliéster), um círculo de papel sulfite de aproximadamente 2 cm de diâmetro e um suporte de gesso.

Amarra-se a linha na parte superior do canudo plástico com a ajuda de uma agulha fina para facilitar a colocação do pedaço de linha. Prende-se a parte inferior da linha no círculo de papel previamente furado para formar o pêndulo elétrico. Na Figura 4 podemos ver a representação do pêndulo elétrico.

Figura 4. (a) Materiais utilizados na confecção do pêndulo elétrico; (b) condutores e isolantes no pêndulo elétrico; (c) foto do pêndulo elétrico montado.



Fonte: Acervo Pessoal.

Versório Metálico

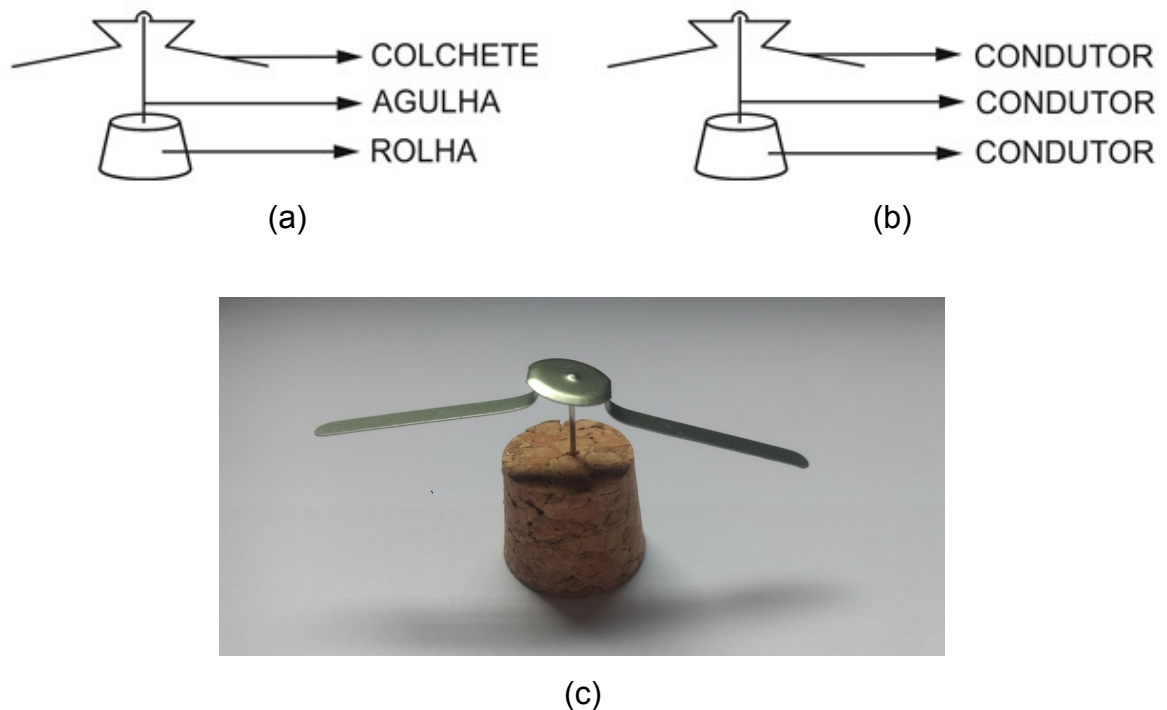
Com base nas ideias de Gilbert, o versório metálico é composto por um colchete tipo bailarina, uma rolha de cortiça e um alfinete. O primeiro passo foi dobrar as pernas do colchete tipo bailarina para que formasse uma letra V. Depois foi feita uma pequena deformação no centro da base do colchete com um prego cego e um martelo. Esta deformação não deve furar a base do colchete, servindo apenas para que o colchete fique apoiado sobre a ponta do alfinete, tendo liberdade de girar. Estes procedimentos são necessários para que possamos equilibrar o colchete na ponta do alfinete. A agulha horizontal do versório não deve cair ao ser apoiada, por isso o centro de gravidade³ deve estar localizado na parte inferior do ponto de contato com o alfinete (ASSIS, 2011b).

O suporte para este versório é construído com uma rolha de cortiça e um alfinete fincado nela, de modo que a ponta do alfinete ficasse livre para apoiar o

³ Maiores detalhes sobre centro de gravidade podem ser encontrados em *Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca* (ASSIS, 2011a).

colchete. Este versório deverá ser livre para girar em qualquer sentido no plano horizontal. Os materiais utilizados na montagem do versório, os elementos condutores e isolantes e uma foto do versório montado podem ser vistos na Figura 5.

Figura 5. (a) Materiais utilizados na confecção do versório metálico; (b) condutores e isolantes no versório metálico; (c) foto do versório metálico montado.

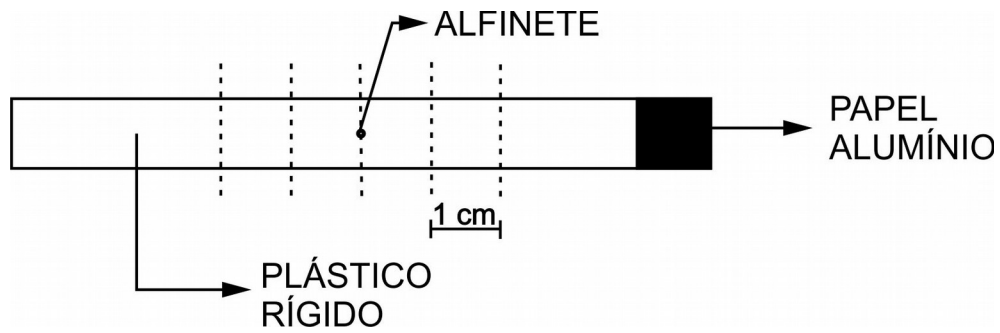


Fonte: Acervo Pessoal.

Versório de Du Fay

Du Fay, durante suas observações sobre a repulsão elétrica, construiu “um versório de vidro com uma esfera metálica oca em uma das pontas” (ASSIS, 2011b, p. 71). Neste modelo utiliza-se uma tira de aproximadamente 10 cm de comprimento e 1 centímetro de largura de plástico rígido, dobrado como mostrado na Figura 6. No centro da tira de plástico rígido coloca-se um alfinete com a ponta para baixo para que o versório possa girar livremente. O alfinete fica preso na tira de plástico e gira junto com ela nas experiências.

Figura 6. Dobras do versório.

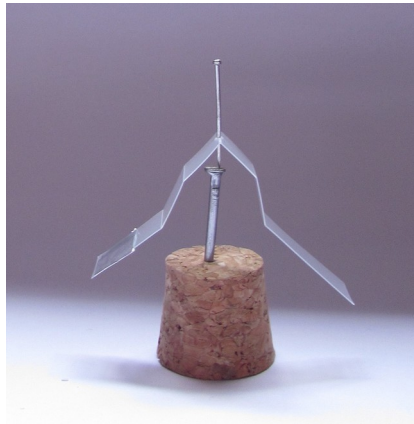


Fonte: Acervo Pessoal.

A base para esse versório é montada com uma rolha de cortiça e um prego fincado nela de forma que a ponta do alfinete possa ficar apoiada sobre a cabeça do prego. O versório de Du Fay é caracterizado por uma das hastes do versório ser envolta em um pequeno pedaço de papel alumínio. Pode ser que, ao tentar equilibrá-lo, ele caia para este lado devido ao peso do papel alumínio. Neste caso, pode-se cortar um pequeno pedaço da haste do versório do lado onde será colocado o papel alumínio. No final a tira plástica deve ficar aproximadamente horizontal.

Temos abaixo (Figura 7) uma foto do versório de Du Fay, bem como os materiais utilizados e quais são condutores e isolantes.

Figura 7. (a) Materiais utilizados na confecção do versório de Du Fay; (b) condutores e isolantes no versório de Du Fay; (c) foto do versório de Du Fay montado.



(c)

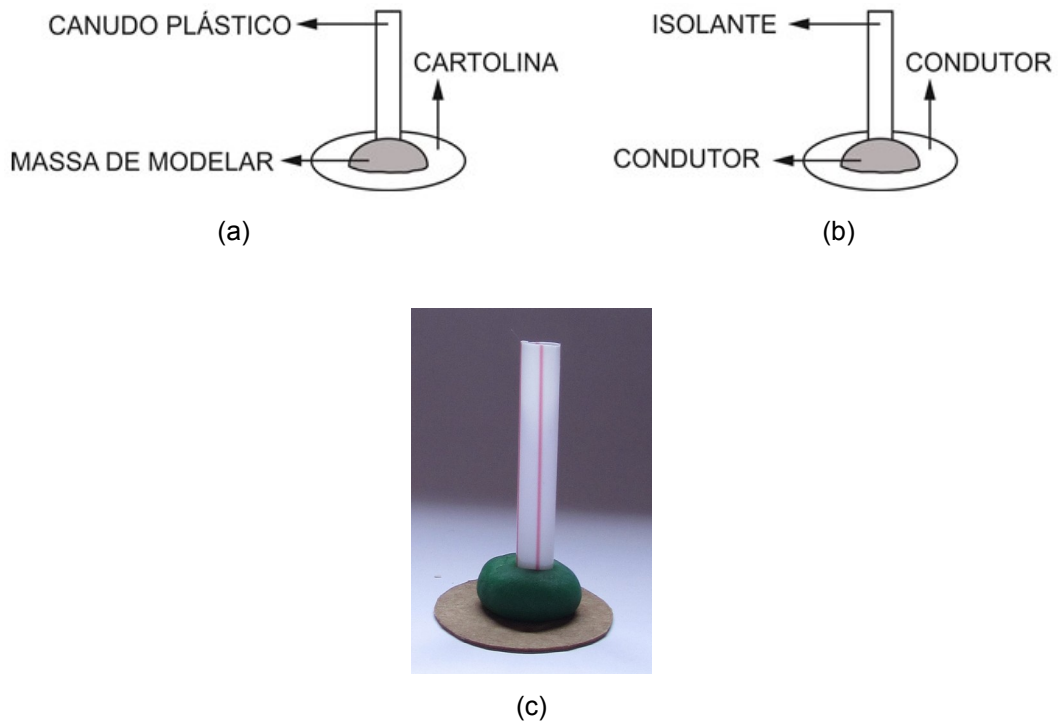
Fonte: Acervo Pessoal.

Plano de Prova de Coulomb

Quando eletrizamos um condutor, as cargas tendem a se espalhar por toda a superfície. Por outro lado, em um isolante carregado as cargas não se deslocam por ele com tanta liberdade. Para verificar este fato, usa-se um coletor de carga para a obtenção de uma parcela da carga do corpo carregado.

O coletor usado durante o experimento é conhecido como “Plano de Prova de Coulomb”. Ele é composto por um pequeno círculo de cartolina de aproximadamente 3 cm de diâmetro, um canudo de plástico com uns 5 cm de comprimento e um pouco de massa de modelar, conforme a Figura 8.

Figura 8. (a) Materiais utilizados na confecção do Plano de prova de Coulomb; (b) condutores e isolantes no Plano de Coulomb; (c) foto do Plano de prova de Coulomb montado.

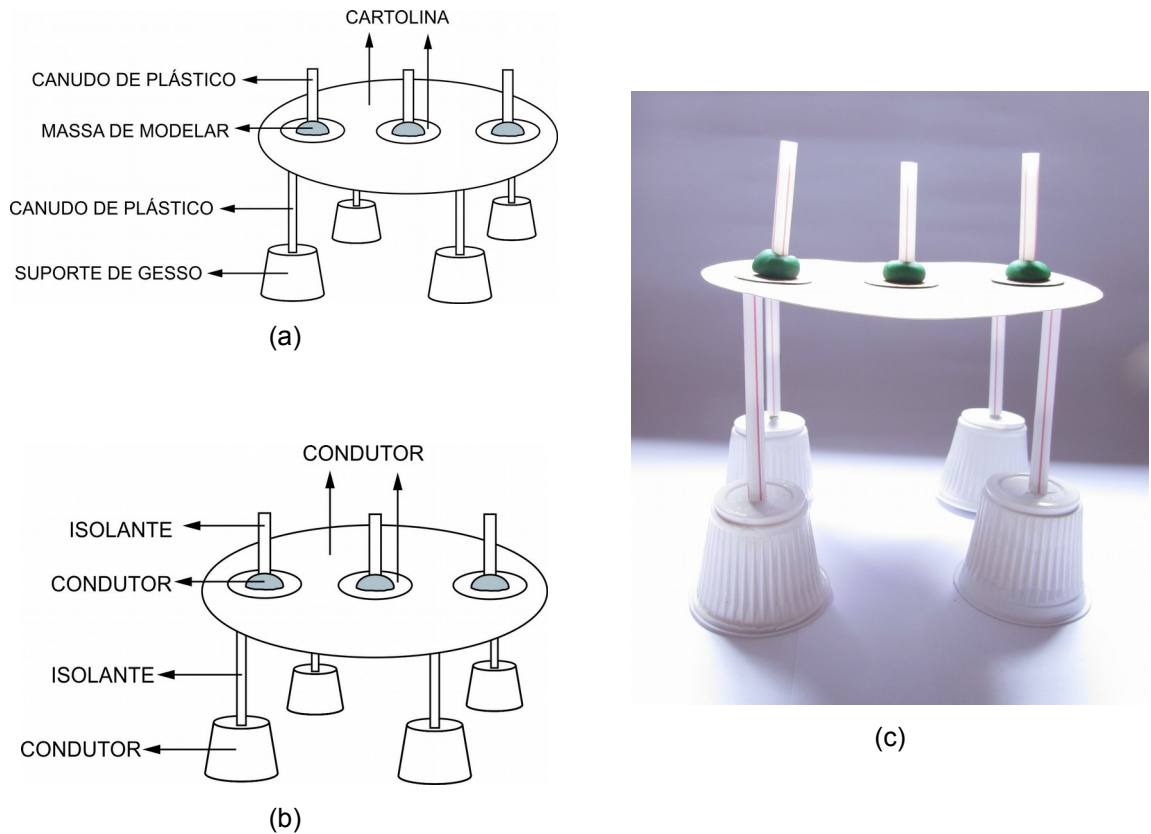


Fonte: Acervo Pessoal.

Constrói-se também um instrumento para estudar a polarização de um condutor isolado na presença de um corpo carregado. Ele é constituído por um disco de cartolina de aproximadamente 15 centímetros de diâmetro, dois canudos de plástico, quatro suportes de gesso e três Planos de Prova de Coulomb.

Para que o plano de cartolina fique isolado e na horizontal, utiliza-se dois canudos cortados ao meio e colocados nos quatro suportes de gesso. Apoia-se o plano de cartolina em cima desses quatro canudos e colocamos os três Planos de Coulomb em cima do círculo de cartolina alinhados ao seu diâmetro, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9. (a) Materiais utilizados na confecção do instrumento para estudar a polarização de um condutor; (b) condutores e isolantes neste instrumento; (c) foto do instrumento montado.



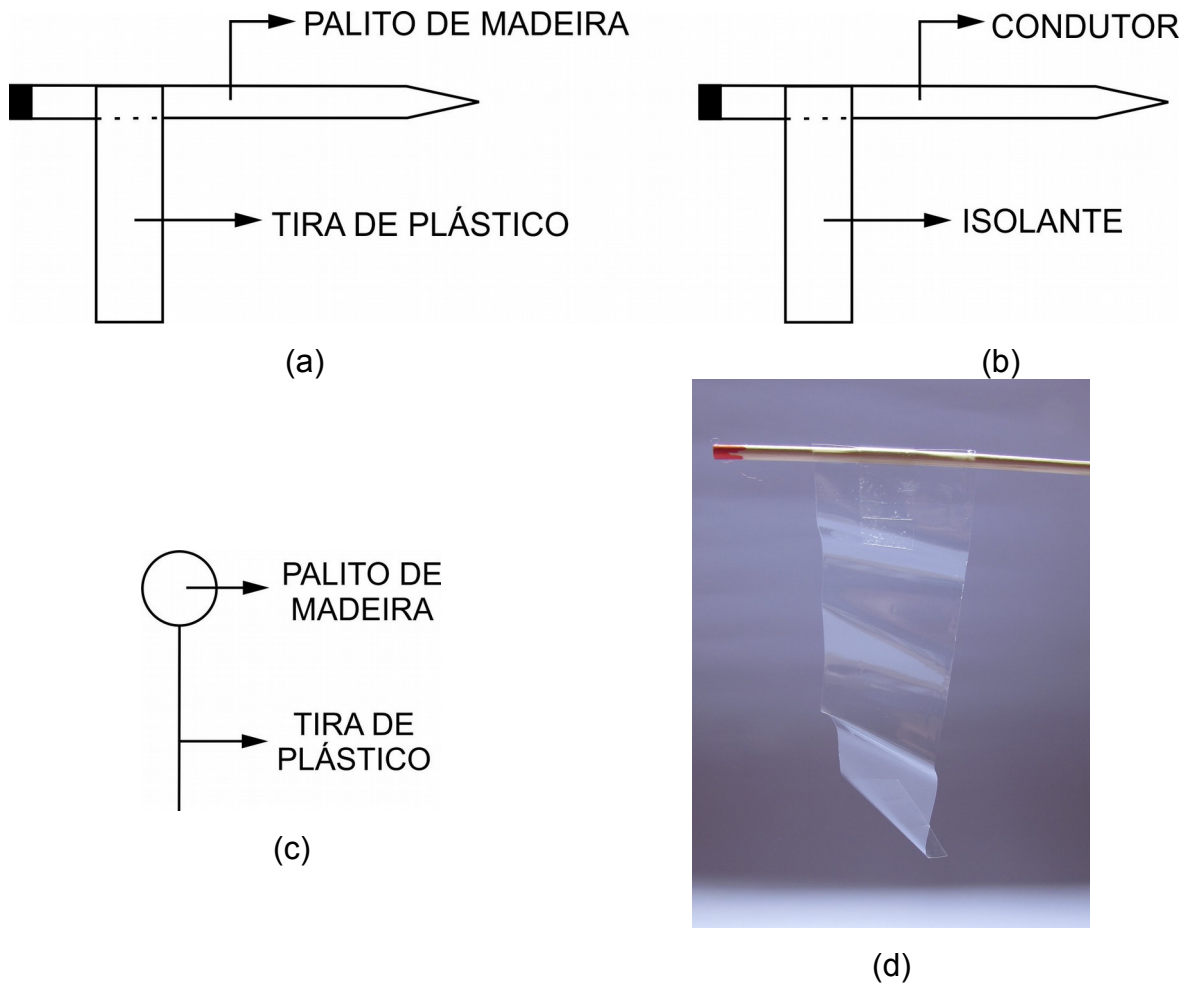
Fonte: Acervo Pessoal.

Tira Pendular Plástica

Um dos instrumentos utilizados para se observar qual tipo de carga apresenta um corpo ao ser atritado é composto por uma tira de plástico com, aproximadamente, 4 centímetros de largura e 16 centímetros de comprimento presa a um palito de madeira. Também pode ser usado lápis, caneta ou um canudo para prender a tira de plástico.

Prende-se, com o auxílio de uma fita adesiva, uma das extremidades da tira no palito de madeira de forma que a tira fique pendurada verticalmente abaixo do palito de madeira, conforme a Figura 10.

Figura 10. (a) Materiais utilizados na confecção da Tira Pendular Plástica; (b) condutores e isolantes da Tira Pendular Plástica; (c) Visão frontal da Tira Pendular Plástica; (d) foto da Tira Pendular Plástica montada.



Fonte: Acervo Pessoal.

Devem ser feitos vários desses instrumentos com o cuidado para que as tiras de plástico não se carreguem durante a montagem, pois isto pode comprometer o experimento. Pode-se utilizar um versório metálico para verificar se as tiras de plástico estão realmente neutras. Caso não estejam, descarta-se a tira e monta-se outro deste instrumento. Como as tiras serão atritadas em diversos corpos, sugerimos que se marque as pontas dos palitos para que não haja confusão ao realizar o experimento. Isto é, as pontas de alguns palitos podem ser pintadas de vermelho e as pontas de outros palitos pintadas de preto.

Circuito Elétrico Simples

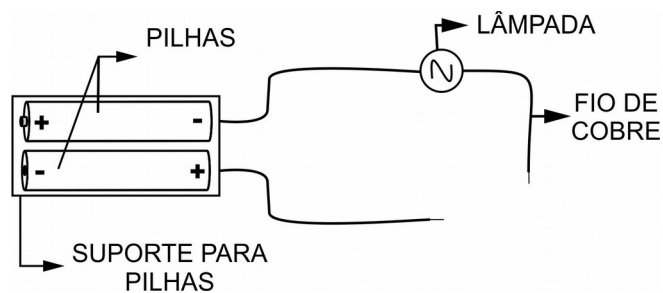
O circuito elétrico aqui proposto é composto por uma lâmpada pequena de 3,8V-0,3A conhecida como pingo d'água, um suporte para pilhas ⁴, fios de cobre

⁴ Ambos encontrados em lojas de eletrônica ou em *sítes* da internet.

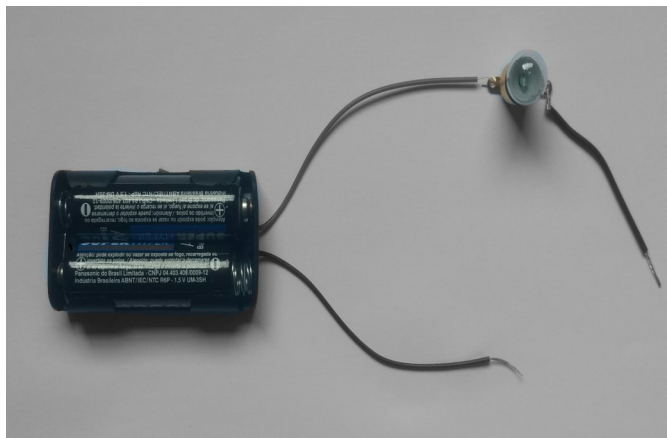
de aproximadamente 20 centímetros e duas pilhas do tipo AA, conforme mostrado na Figura 11.

Este instrumento deve ser levado pronto para a aplicação do experimento já que é necessário solda para conectar os fios à lâmpada. A solda deve ser reforçada para que não solte durante o manuseio. Também é viável utilizar um suporte ou soquete para lâmpadas⁵ encontrado em lojas de eletrônica.

Figura 11. Montagem do circuito elétrico. (a) materiais utilizados na confecção do Circuito Elétrico Simples; (b) foto do Circuito Elétrico Simples.



(a)



(b)

Fonte: Acervo Pessoal.

Experimentos

Detalhamos, a seguir, os experimentos com os instrumentos descritos e o que se espera que os alunos observem com tais experimentos. Em algumas

⁵ Este item pode ser difícil de ser encontrado em lojas de eletrônica ou, além disso, ser de alto custo. Pode ser encontrado no site: <<https://pt.aliexpress.com/item/HGhomeart-50pcs-Holder-Bulbs-E10-Lamp-Socket-for-Halogen-E10-Lamp-Socket-for-Physics-Teaching-Test/32813691547.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.ma8xH1>>. Acesso em: 28 jul. 2017.

situações será necessária a intervenção do professor a fim de levar o aluno a formalizar suas hipóteses relacionadas aos fenômenos presentes nos experimentos.

Alguns dos experimentos podem ser realizados em grupo para uma melhor manipulação dos instrumentos utilizados.

1º experimento

Com o eletroscópio montado, os alunos irão aproximar e afastar o canudo de plástico, previamente atritado no cabelo, da tirinha de papel de seda do eletroscópio sem que se encoste nela para observar que ela se levanta quando se aproxima o canudo e abaixa quando o canudo é afastado.

Este experimento nos mostra a influência de um corpo carregado (canudo de plástico) em um corpo inicialmente neutro (tirinha de papel de seda). Observa-se que o corpo inicialmente neutro se orienta no sentido do corpo carregado.

2º experimento

Os alunos eletrizam um canudo plástico atritando-o no cabelo, na camisa ou em um guardanapo de papel. Em seguida eles raspam algumas vezes o canudo eletrizado na borda superior da cartolina do eletroscópio. Observam que a tirinha de papel de seda levanta da cartolina durante este procedimento. Ela permanece levantada após o afastamento do canudo eletrizado.

Com este experimento consegue-se mostrar que um pouco da carga do canudo de plástico foi passado para o eletroscópio após o contato. Ou seja, os estudantes eletrizaram o eletroscópio.

3º experimento

Com o eletroscópio carregado, os alunos irão aproximar o dedo da tirinha de papel de seda pela frente, sem tocá-la, para observar que a tirinha se orienta apontando para o dedo.

Neste caso, observa-se que o corpo carregado (tirinha de papel de seda) orienta-se no sentido do corpo inicialmente neutro (dedo).

4º experimento

Os alunos irão tocar com o dedo na cartolina do eletroscópio carregado para observar que a tirinha imediatamente abaixará e não mais se levantará quando se aproximar o dedo dela.

Assim os alunos deverão perceber que o eletroscópio não estará mais carregado após ser tocado com o dedo. Ou seja, consegue-se descarregar o eletroscópio. Este procedimento também é chamado de aterramento.

5º experimento

Apresentamos agora uma das experiências mais importantes. Através dela pode-se classificar os corpos como condutores ou isolantes no que diz respeito aos fenômenos eletrostáticos. Inicialmente carrega-se um eletroscópio como no 2º experimento, tal que sua tirinha de papel de seda fique levantada em relação à cartolina. Depois segura-se um corpo com a mão e o encostamos na borda superior da cartolina do eletroscópio eletrizado. Caso a tirinha abaixe, como ocorre com um arame ou com um palito de madeira, o corpo será classificado como condutor. Caso a tirinha permaneça levantada, como ocorre com uma régua plástica ou com um pedaço de isopor, o corpo será classificado como isolante.

Com o eletroscópio carregado, os alunos testarão quais dos materiais que estão no *kit* (cartolina, rolha, linhas, palito de madeira, etc.) descarregam o eletroscópio, ou seja, quais materiais abaixam a tirinha de papel de seda e quais materiais não descarregam o eletroscópio.

Para isso, os alunos encostarão cada material na cartolina do eletroscópio. Caso o material observado descarregue o eletroscópio, o corpo será considerado um condutor. Será então necessário eletrizá-lo novamente, conforme o 2º experimento, antes de testar o próximo corpo. Caso o material não descarregue o eletroscópio, o corpo será considerado como um isolante.

Sugerimos ao professor que instigue os alunos a testarem outros materiais que não se encontram no *kit*, como borrachas, vidro da janela, carteira, grafite, canetas, entre outros. Além desses materiais, deverão ser testados água e óleo colocados em copinhos de café. Sugerimos também que, a cada teste, os alunos anotem no caderno os resultados obtidos pois, alguns materiais como a

borracha, por exemplo, podem dar resultados diferentes dependendo do material de que são feitas e/ou do processo de fabricação.

Neste caso, os materiais que descarregam o eletroscópio são denominados *condutores* e os que não descarregam o eletroscópio são denominados *isolantes*.

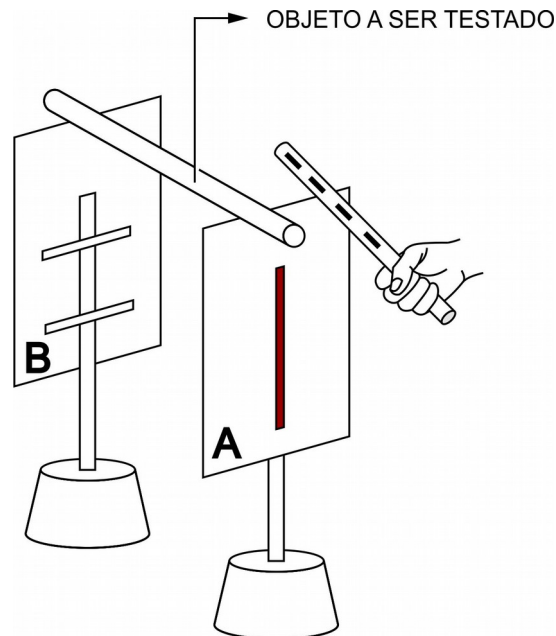
6º experimento

Neste experimento os alunos irão investigar quais materiais testados no experimento 5 são capazes de carregar um eletroscópio ligado a outro.

Como mostrado na Figura 12, colocam-se dois eletroscópios descarregados de costas um para o outro. Apoia-se o objeto a ser testado sobre as bordas superiores das cartolinas dos dois eletroscópios. Raspa-se um canudo de plástico previamente atritado sobre a parte superior da cartolina do eletroscópio A, por exemplo, e observa-se se as tirinhas de papel de seda dos dois eletroscópios se levantaram. Caso isso ocorra, o objeto colocado ligando as duas cartolinas é um condutor; caso apenas a tirinha de seda do eletroscópio A se levante, significa que o objeto testado é um isolante.

É importante ressaltar que, durante o experimento, não se pode encostar a mão nos objetos a serem testados pois, como o dedo é um condutor não se conseguirá constatar qual dos objetos testados são condutores e quais objetos são isolantes.

Figura 12. 6º experimento: testando quais materiais são capazes de carregar um eletroscópio ligado a outro.



Fonte: Acervo Pessoal.

7º experimento

Utiliza-se o circuito elétrico simples para verificar quais objetos possuem propriedades condutoras ou isolantes para baixas diferenças de potencial. Serão testados os materiais presentes no *kit* e tantos outros quanto queiram.

Os alunos irão encostar os objetos a serem testados, um por vez, entre as extremidades desencapadas dos fios que estão ligados às pilhas e à lâmpada. Quando os objetos são capazes de acender a lâmpada, dizemos que são bons condutores para baixas diferenças de potencial. Quando os objetos não são capazes de acender a lâmpada, eles são maus condutores para baixas diferenças de potencial, ou seja, são chamados de isolantes.

8º experimento

Após montar o Pêndulo Elétrico, os alunos irão atritar o canudo de plástico no cabelo e aproximá-lo do círculo de papel do pêndulo até que o círculo toque no canudo de plástico e seja repelido por ele. Caso a repulsão não seja

imediate, o estudante deverá atritar o canudo de plástico no cabelo quantas vezes forem necessárias para que o pêndulo esteja bem carregado e haja a repulsão elétrica. A repulsão acontece devido ao círculo de papel do pêndulo elétrico obter carga com o mesmo sinal da carga do canudo de plástico ao encostar no mesmo. Este é o chamado mecanismo de atração, contato e repulsão, também chamado de mecanismo ACR.

9º experimento

Este experimento visa observar o mecanismo ACR, onde o círculo de papel do pêndulo elétrico é atraído pelo canudo de plástico, anteriormente atritado no cabelo, há o contato entre eles e após ocorre a repulsão.

Os alunos colocarão o pêndulo elétrico entre o canudo de plástico atritado e a própria mão. Irão aproximar o canudo de plástico atritado do círculo de papel do pêndulo elétrico até que haja o contato. Ao ser repelido, o círculo de papel irá se aproximar da mão do aluno, tocando-a. Ao tocar a mão do estudante, o círculo de papel do pêndulo elétrico, que antes estava carregado, descarrega, voltando a ser atraído pelo canudo de plástico e o mecanismo se repete várias vezes.

10º experimento

Ainda com o pêndulo eletrizado, conforme o 7º experimento, os estudantes irão atritar diversos canudos de plástico em materiais diferentes como mangueiras de chuveiro, tubos de PVC, cabelo, blusa, guardanapo, entre outros para testar quais canudos de plástico ficam carregados positivamente e quais canudos de plástico ficam carregados negativamente.

Carrega-se o canudo de plástico atritando-o entre dois tubos de PVC de aproximadamente 15 centímetros, segurando-os de forma que o canudo de plástico fique preso entre eles. Em seguida, puxa-se o canudo rapidamente. O mesmo processo é feito para carregar o canudo de plástico com as mangueiras plásticas de chuveiro.

Após atritar o canudo de plástico no material, aproxima-se o canudo do círculo de papel do pêndulo elétrico. Caso haja repulsão entre o pêndulo e o canudo de plástico atritado, diz-se que os dois possuem carga de mesmo sinal; caso haja atração, dizemos que as cargas do canudo de plástico atritado e do pêndulo possuem sinais opostos.

Adota-se nos experimentos que, quando atritamos o canudo de plástico com o cabelo, com a blusa de algodão ou com o guardanapo de papel, o canudo fica carregado negativamente com base na Série Triboelétrica.

11º experimento

O Versório de Du Fay será utilizado para observar as cargas obtidas pelos canudos de plástico quando atritados em materiais diferentes, tal como no experimento anterior.

Após sua montagem, os estudantes irão atritar o primeiro canudo de plástico no cabelo e encostar no papel alumínio do Versório de Du Fay. Assim que se encosta o canudo de plástico no papel alumínio, pode-se notar uma repulsão elétrica entre o papel alumínio e o canudo de plástico que foi encostado no papel alumínio.

Em seguida os estudantes atritam diversos canudos em materiais diferentes (cada canudo é atritado em um único material). Depois aproximam cada um destes novos canudos atritados do papel de alumínio do versório de Du Fay que havia encostado e sido repelido pelo primeiro canudo atritado no cabelo.

Caso haja atração, o canudo de plástico que foi aproximado do versório tem carga de sinal contrário ao primeiro canudo de plástico que foi atritado no cabelo e encostado no versório de Du Fay. Caso haja repulsão, o canudo de plástico que foi aproximado do versório tem carga de mesmo sinal ao primeiro canudo de plástico que foi atritado no cabelo e encostado no versório de Du Fay.

12º experimento

Neste experimento constrói-se um instrumento análogo a um dos inúmeros instrumentos construído por Stephen Gray: a tira pendular plástica. Assim como o pêndulo elétrico, com este instrumento pode-se analisar qual tipo de carga um corpo apresenta ao ser atritado com outros corpos.

Em cada lápis ou espeto de madeira prende-se uma tira plástica tendo 4 centímetros de largura e 16 centímetros de comprimento.

Atrita-se, uma de cada vez, duas dessas tiras de plástico com os dedos, pressionando-as entre o dedo indicador e o dedo médio, movendo-os de forma rápida de cima para baixo ao longo da tira de plástico. Em seguida, aproxima-se os palitos de madeira com as tiras de plástico lateralmente sem que se toquem. É

observado que as tiras de plástico se afastam devido à repulsão. Caso não seja observado tal fenômeno, passa-se as tiras mais vezes entre os dedos rapidamente.

Repete-se o experimento com duas outras tiras de plástico neutras atritando-as entre dois tubos de PVC de aproximadamente 15 centímetros, segurando-os de forma que a tira de plástico fique presa entre eles. Em seguida, puxa-se a tira rapidamente com cuidado para que não rasgue. Aproxima-se, então, os dois palitos de madeira e observa-se que também há repulsão entre as tiras que foram atritadas nos tubos de PVC.

Este experimento é refeito atritando duas tiras de plástico entre duas mangueiras plásticas de chuveiro, assim como atritando outras duas tiras de plástico no cabelo. Percebe-se que há repulsão entre as duas tiras de plástico que foram atritadas nas mangueiras de chuveiro. Também há repulsão entre as duas tiras plásticas que foram atritadas no cabelo.

Como sugerido anteriormente, faz-se uma marcação nos palitos de madeira com canetas hidrocor de cores diferentes para não misturar quais tiras foram atritadas em quais materiais. Por exemplo, pode-se marcar as tiras de plástico atritadas entre os dedos com uma caneta hidrocor da cor verde, as atritadas entre os tubos de PVC com uma caneta hidrocor da cor laranja e assim por diante.

Usam-se estas tiras de plástico atritadas para verificar a atração entre elas. Pega-se uma tira de plástico que foi atritada entre os dedos e aproxima-se de outra tira de plástico atritada entre os tubos de PVC. Nota-se que agora houve uma atração entre as tiras de plástico. Refaz-se este processo testando as outras tiras de plástico.

Percebe-se a atração entre as tiras de plástico atritadas entre os dedos e as atritadas entre os tubos de PVC, entre as tiras de plástico atritadas entre os dedos e as atritadas entre as mangueiras de chuveiro, entre as tiras de plástico atritadas no cabelo e as atritadas entre os tubos de PVC, e entre as tiras de plástico atritadas no cabelo e as atritadas entre as mangueiras de chuveiro. Percebe-se a repulsão entre as tiras de plástico atritadas entre os dedos e as atritadas no cabelo. Também ocorre uma repulsão entre uma tira de plástico atritada entre os tubos de PVC e uma outra tira de plástico atritada entre as mangueiras de chuveiro.

Esta experiência permite que as tiras de plástico possam ser colocadas em dois grupos distintos, A e B. Observa-se uma repulsão entre duas tiras quaisquer do grupo A. Também há uma repulsão entre duas tiras quaisquer do grupo B. Porém,

ao aproximar uma tira qualquer do grupo A de uma outra tira qualquer do grupo B, observa-se uma atração entre elas. As tiras de plástico do grupo A são aquelas atritadas no cabelo ou entre dois dedos. Já as tiras do grupo B são aquelas atritadas entre dois tubos de PVC ou entre duas mangueiras de chuveiro.

13º experimento

Com este experimento os alunos irão verificar a conservação de carga elétrica. Serão utilizados dois eletroscópios, sendo um dos eletroscópios carregado de acordo com o 2º experimento e o outro eletroscópio descarregado.

Depois de se carregar o primeiro eletroscópio, os alunos irão encostar a cartolina do segundo eletroscópio na cartolina do primeiro eletroscópio e observar o que acontece com as tirinhas de seda dos dois eletroscópios.

Deverá ser notado que enquanto a tirinha de papel de seda do eletroscópio carregado abaixa-se um pouco, a tirinha do eletroscópio descarregado levanta-se um pouco também. Assim, pode-se dizer que a carga do eletroscópio carregado se “espalhou” entre os dois eletroscópios.

14º experimento

Continuando com a verificação da conservação de carga elétrica, neste experimento serão utilizados os dois eletroscópios do experimento anterior.

Para esta ocasião, os estudantes irão eletrizar um eletroscópio com o canudo de plástico atritado no cabelo. Assim ele ficará com carga negativa⁶. A cartolina do outro eletroscópio será raspada com o canudo que foi atritado entre as duas mangueiras de chuveiro. Este segundo eletroscópio ficará então carregado com carga positiva.

Posteriormente à eletrização dos eletroscópios, os estudantes irão encostar um eletroscópio no outro pelas cartolinas. Deverá ser observado que as duas tirinhas de seda dos eletroscópios abaixam-se. Caso o estudante consiga carregá-los com a mesma quantidade de carga, notará que as duas tirinhas de seda dos eletroscópios abaixarão completamente.

⁶ Conferir explicação no 10º experimento.

15º experimento

Este experimento tem por finalidade observar o efeito de eletrização por indução utilizando dois eletroscópios descarregados.

Primeiramente os estudantes irão colocar os dois eletroscópios descarregados em contato um com o outro, encostando suas cartolinas. Ou seja, os eletroscópios ficarão um ao lado do outro, com as bordas laterais de suas cartolinas estando em contato. Em seguida, irão atritar a régua no guardanapo e a aproximarão da borda lateral de um dos eletroscópios e verificarão se as duas tirinhas de seda dos dois eletroscópios se levantaram. Caso isso não aconteça, a régua precisará ser mais atritada no guardanapo.

Após as duas tirinhas de seda estarem levantadas, os estudantes irão afastar⁷ o eletroscópio que está mais longe da régua, se possível levando-o para outra carteira. Em seguida, a régua também deverá ser afastada do eletroscópio que está mais perto dela.

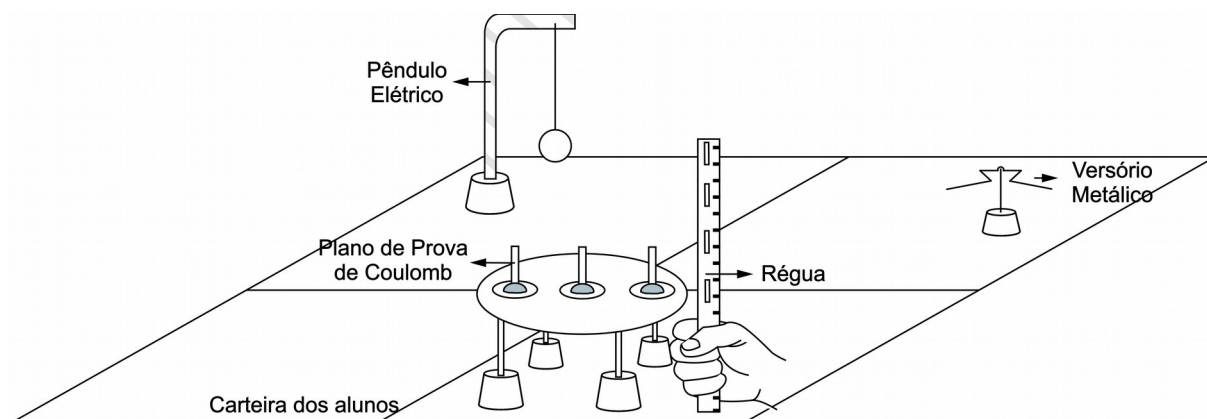
Deverá ser observado que a tirinha de seda do eletroscópio que foi afastado continua levantada, mesmo longe da régua carregada. E deverá ser observado também que a tirinha de seda do eletroscópio que estava perto da régua também ficará levantada após a régua ser afastada. Contudo, as cargas de cada eletroscópio terão sinais opostos. O eletroscópio que estava inicialmente longe da régua eletrizada ficará eletrizado com carga de sinal igual à carga da régua. Já o eletroscópio que estava inicialmente ao lado da régua eletrizada ficará eletrizado com carga de sinal oposto à carga da régua. Este é o fenômeno chamado de eletrização por indução.

16º experimento

Para investigar a polarização de condutores, será usado o Plano de Prova de Coulomb juntamente com o Versório Metálico e o Pêndulo Elétrico. A montagem desses instrumentos em cima da carteira deve ser de tal forma que eles fiquem o mais afastado possível entre si, como demonstrado na Figura 13 abaixo.

Figura 13. Montagem do experimento.

⁷ Sempre segurando pelo canudo de plástico onde a cartolina está colada com fita adesiva, evitando de tocar na cartolina do eletroscópio para não descarregá-lo.



Fonte: Acervo Pessoal.

Um estudante do grupo deverá atritar a régua no guardanapo e aproximá-la de um lado do círculo grande horizontal sobre o qual estão os 3 Planos de Prova de Coulomb. Em seguida, outro estudante do grupo testará, um por vez, cada plano de prova de Coulomb utilizando o versório metálico para verificar se eles estão carregados. Caso o versório metálico não se mova horizontalmente em direção ao Plano de Prova de Coulomb que se está testando, o estudante deverá colocá-lo no seu lugar em cima da base de cartolina e a régua precisará ser novamente atritada no guardanapo.

Quando o estudante aproximar o Plano de Prova de Coulomb do versório metálico e este reagir à presença do plano de prova, significa que este plano está carregado. Sendo assim, o Plano de Prova de Coulomb deverá ser aproximado do pêndulo elétrico previamente carregado com a régua atritada no guardanapo. Caso o círculo de papel do pêndulo elétrico se aproxime do Plano de Prova, esta atração significará que este Plano de Prova e o pêndulo elétrico têm cargas de sinais diferentes. Por outro lado, caso haja uma repulsão entre o Plano de Prova e o pêndulo elétrico, ambos terão cargas de mesmo sinal. Sabendo o sinal da carga do pêndulo elétrico (ou seja, negativa caso tenha sido eletrizado por um canudo atritado no cabelo), pode-se descobrir desta maneira o sinal da carga de cada Plano de Prova de Coulomb.

Percebe-se que o Plano de Prova de Coulomb que está na borda da base de cartolina próxima à régua fica carregado com carga de sinal contrário à carga da

régua. O Plano de Prova de Coulomb que está no centro da base de cartolina não possui carga resultante. Já o Plano de Prova de Coulomb que está na outra borda da base de cartolina fica carregado com carga de mesmo sinal que a régua. Esta distribuição de cargas do disco horizontal indica uma polarização do disco horizontal feito de cartolina, que é um material condutor. Esta polarização do disco horizontal foi ocasionada pela presença da régua eletrizada que foi colocada próximo de uma das bordas deste disco de cartolina.

17º experimento

Com este experimento, será reproduzido de forma análoga, uma observação experimental feita originalmente por Otto von Guericke. Ele utilizou uma esfera de enxofre eletrizada que repelia uma penugem após o contato entre eles. Neste caso serão utilizados uma régua de plástico e uma semente de dente-de-leão⁸.

Primeiramente atrita-se muito bem a régua de plástico no guardanapo. Em seguida, mantendo a régua de plástico na horizontal, solta-se a semente de dente-de-leão um pouco acima da régua. A semente é atraída pela régua e fica grudada nela. Caso a régua esteja muito carregada, a semente é repelida assim que toca a régua. Em algumas situações é necessário que se dê leves batidas na régua de plástico para que a semente de dente-de-leão se solte e fique flutuando em cima da régua, podendo ser carregada pela sala de aula.

Esta experiência ilustra mais uma vez o mecanismo ACR, ou seja, atração, contato e repulsão. A régua plástica ficou eletrizada negativamente ao ser atritada no guardanapo de papel. A semente de dente de leão estava inicialmente neutra. Ela é atraída pela régua eletrizada, toca nela e passa a adquirir uma carga elétrica de mesmo sinal que a régua. Ela passa então a ser repelida pela régua eletrizada, flutuando acima dela.

⁸ A semente de dente-de-leão foi escolhida devido ao seu formato de paraquedas. Ela pode ser substituída por alguns fiapos de algodão.

Referências Bibliográficas

ASSIS, André Koch Torres. **Arquimedes, o Centro de Gravidade e a Lei da Alavanca**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011a. 270 p. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~assis/>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

ASSIS, André Koch Torres. **Os Fundamento Experimentais e Históricos da Eletricidade**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011b. 270 p. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~assis/>>. Acesso em: 10 mar. 2018.