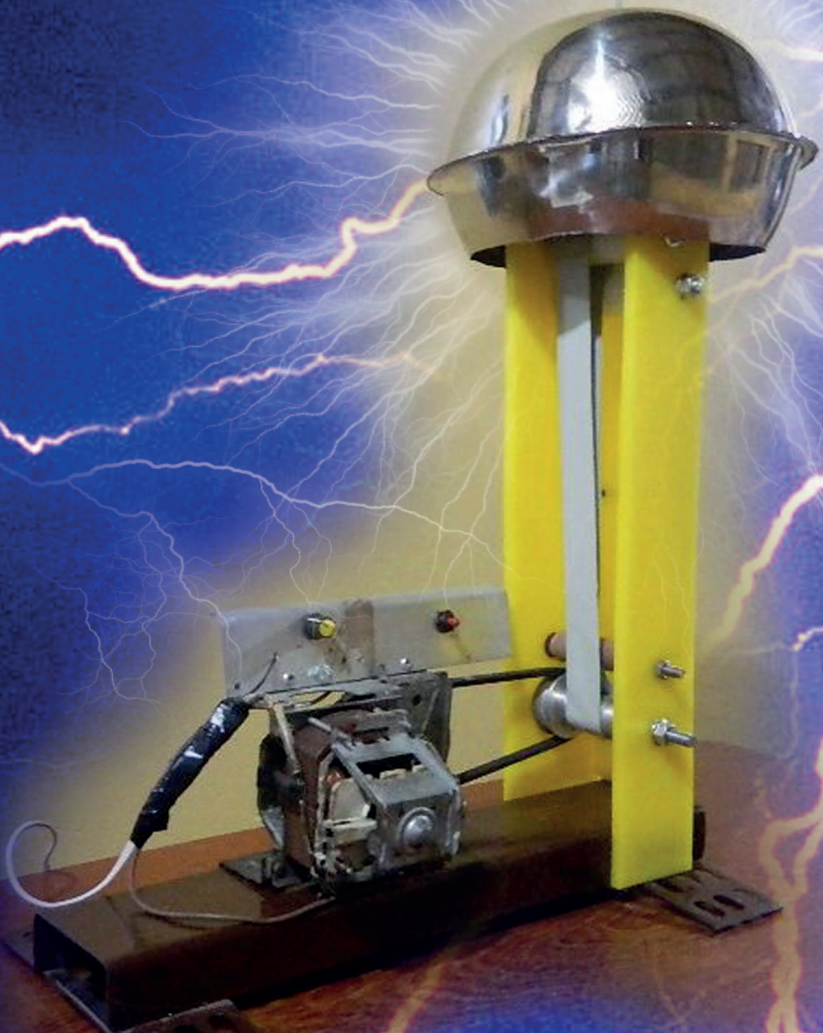


Roteiro de Construção e Aplicação do Gerador Eletrostático



Sumário

Agradecimentos	5
Apresentação.....	7
Introdução.....	9
Plano de Aplicação	11
Título da aula:	11
Objetivo:	11
Objetivos específicos:	11
Conteúdos:	11
Metodologia:	11
Recursos Pedagógicos:	12
Cronograma:.....	12
Descrição dos Componentes do Gerador Eletrostático	12
Materiais e Componentes.....	13
Descrição dos componentes do gerador eletrostático.....	13
Cuba Esférica	13
Correia Transportadora de Cargas.....	14
Alça de Alumínio ou Coletor de Cargas.....	15
Motor da Máquina de Tanquinho	15
Roleta Cilíndrico Inferior e Superior.....	17
Eixo dos Roletes	18
Base Horizontal.....	18
Base Vertical	19
Polia.....	21
Parafusos, Porcas e Arruelas.	21
Procedimento de montagem do gerador eletrostático	22
Explicação do fenômeno físico.....	26
Precauções na Eficiência da Geração de Cargas do Gerador	27
Sugestões de Links Sobre Montagem de um Gerador.....	27
Sugestões de Atividades	29

Agradecimentos

A Deus, por ter me concebido bençãos e forças para superar as dificuldades ao longo da elaboração deste roteiro;

À minha orientadora Professora Dra. Josefa Teixeira de Mendonça Pacobahyba, pela paciência e incentivo, nas quais foram importantes para o desenvolvimento e conclusão deste roteiro.

À Universidade Federal de Roraima, que possibilitou a confecção deste trabalho;

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), pelas orientações durante a execução deste trabalho;

À CAPES pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de estudo.

Apresentação

A utilização do gerador eletrostático surgiu da necessidade de apresentar um produto educacional para desenvolver uma dissertação de mestrado, tendo em vista, que a Sociedade Brasileira de Física, através do programa do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física estabelece esse pré-requisito para conclusão do mesmo. A ideia da utilização desse gerador foi concretizada mediante reflexões sobre a metodologia utilizada pelos professores da disciplina de física, pois no modelo atual, o ensino da física se resume apenas a aplicação de exercícios e como consequência dessa metodologia, os alunos encontram certa dificuldade de relacionar o conteúdo ministrado em sala com seu cotidiano, despertando no aluno uma antipatia pela disciplina.

O trabalho tem como principal objetivo o uso da prática experimental, utilizando o gerador eletrostático, construído com material alternativo e de baixo custo, como ferramenta pedagógica no ensino aprendizagem dos conteúdos da eletrostática.

O roteiro apresenta ainda um manual de construção, funcionamento e aplicação do gerador eletrostático.

Professor: Damião de Souza Carvalho

Introdução

Os efeitos da eletrostática estão presentes em nosso cotidiano em diversos momentos, por exemplo, na ação de um relâmpago ou até mesmo ao pentearmos os cabelos em um dia seco. Mas esses fenômenos ainda não são suficientes para prender a atenção dos alunos nas aulas de física, pois necessita de uma ferramenta que proporcione o entendimento dos fenômenos observados diariamente. Dessa forma, pensando em contribuir para que o conteúdo da eletrostática torne-se mais atrativo, apresenta-se aqui, o gerador de Van de Graaff como estratégia pedagógica na explanação dos conceitos físicos, pois, uma forma de minimizar essas dificuldades é a utilização de experimentos como uma metodologia auxiliar no ensino aprendizagem.

A utilização do gerador eletrostático como ferramenta pedagógica, permite a abordagem dos conteúdos inerentes à eletrostática, tais como: carga elétrica, condutores e isolantes, processos de eletrização, força elétrica, campo elétrico, energia potencial elétrica, potencial elétrico, rigidez dielétrica e poder das pontas.

Plano de Aplicação

Título da aula:

Eletrostática

Objetivo:

Compreender os fundamentos da eletrostática e a sua influência na geração de eletricidade estática.

Objetivos específicos:

- Reconhecer as propriedades da carga elétrica;
- Identificar os fatores importantes na determinação da força de interação entre dois corpos eletrizados;
- Reconhecer a importância da eletrostática no desenvolvimento científico;
- Compreender a existência de um campo elétrico nas proximidades de um corpo eletrizado;
- Identificar as características do potencial elétrico em função de corpos eletrizados;
- Aplicar as leis que regem a eletrostática de forma contextualizada.

Conteúdos:

Carga elétrica, condutores e isolantes, processos de eletrização, força elétrica, campo elétrico, energia potencial elétrica, potencial elétrico, rigidez e poder das pontas.

Metodologia:

Os fundamentos envolvidos serão explanados utilizando aulas dialógica e experimental, assim distribuídas: primeiro, aplicação do levantamento prévio (conhecimento prévio do aluno) para direcionamento da pesquisa; segundo, aulas expositivas para explanação dos conteúdos da eletrostática; terceiro, aplicação do pré – teste para verificação da aprendizagem; quarto, apresentação do gerador eletrostático; quinto, aula dialógica relacionan-



do os conteúdos da eletrostática com o gerador eletrostático, bem como sua relação com o cotidiano; por fim, a aplicação do questionário pós – teste, para comparação com o pré – teste, no intuito de avaliar o ensino e aprendizagem. Esse comparativo será feito através de tabulação do número de acertos (questões) entres os questionários possibilitando uma análise estatística da aprendizagem durante a aplicação da pesquisa.

Recursos Pedagógicos:

Data-show, quadro branco, pincel e o gerador eletrostático.

Cronograma:

Nº	Atividade	Duração
01	Levantamento prévio	1 hora
02	Aula teórica sobre a eletrostática	2 horas
03	Avaliação pré – experimento	1 hora
04	Apresentação do Gerador de Van de Graaff	1 hora
05	Exposição dos conteúdos da eletrostática utilizando o gerador Van de Graaff	2 horas
06	Avaliação pós – experimento	1 hora

Descrição dos Componentes do Gerador Eletrostático

Agora aborda-se a descrição e montagem do gerador eletrostático construído com material alternativo e de baixo custo.



Materiais e Componentes

A seguir descrevem-se todos os materiais necessários à montagem do gerador eletrostático:

- Cuba esférica de aço inox (Figura 1);
- Correia transportadora de cargas feita de látex (Figura 2);
- Alça de alumínio ou coletor de cargas (Figura 3);
- Motor de tanquinho (Figura 4);
- Interruptor de corrente (Figura 5);
- Regulador de velocidade (Figura 6);
- Roldana acoplada ao motor (Figura 7)
- Dois roletes de Nylon acoplados ao eixo de bicicleta (Figura 8);
- Um rolete de cano PVC acoplado um parafuso (Figura 9);
- Um rolete e uma roldana de alumínio acoplados ao eixo de bicicleta (Figura 10);
- Eixos dos roletes (Figura 11)
- Base de ferro (Figura 12);
- Base vertical direita feito de plástico rígido (Figura 13);
- Base vertical esquerda feito de plástico rígido (Figura 14);
- Base de sustentação feita de plástico rígido (Figura 15);
- Polia lisa (Figura 16);
- Parafuso, porcas e arruelas para a fixação.

Descrição dos componentes do gerador eletrostático

Após a escolha dos componentes para a montagem do gerador, faz-se necessário a descrição de cada material, bem como, a sua funcionalidade no processo de montagem.

Cuba Esférica

Dentre os diversos dispositivos de um gerador eletrostático tradicional, pode-se destacar como essencial a cuba esférica (Figura 1), nesse trabalho o componente foi adaptado com a ajuda de um profissional, soldando duas bacias de aço inox com 27 cm de diâmetro, fazendo um corte na parte inferior de aproximadamente 23 cm de diâmetro, bem como um furo na parte superior para a fixação de um parafuso com o intuito de sustentar a cuba no sistema.



Figura 1. Cuba esférica

Correia Transportadora de Cargas

Na confecção do gerador, o material da correia transportadora de carga (Figura 2) é de extrema importância, pois existem materiais, como por exemplo, câmeras de ar usadas em pneus, que apresentam dificuldades na geração de cargas. Nesse trabalho foi utilizada como correia transportadora de cargas uma faixa elástica, usada como material ortopédico. A correia possui aproximadamente as seguintes medidas: largura 3,5 cm; comprimento 78 cm e espessura 0,9 mm.



Figura 2. Correia transportadora de cargas.



Alça de Alumínio ou Coletor de Cargas

A alça de alumínio (Figura 3) mede aproximadamente 36 cm de comprimento, 1,8 cm de largura e 1 mm de espessura.



Figura 3. Alça de alumínio

Motor da Máquina de Tanquinho

Para a construção de um gerador eletrostático, faz-se necessário um motor para dar tração ao eixo inferior que irá girar os roletes superiores conjuntamente com a correia. Pode-se utilizar vários motores como, por exemplo, um motor de máquina de impressora, mas nesse trabalho optou-se por um motor de lavadora de roupa (tanquinho) (Figura 4), onde foram feitas duas adaptações: acoplou-se dois dispositivos que tanto permite desligar o gerador (Figura 5), como regular sua velocidade (Figura 6), por fim, fixou-se ao eixo do motor uma roldana (Figura 7). Essa roldana necessitou dos serviços de um torneiro mecânico para realizar sua conexão com os demais componentes do gerador.

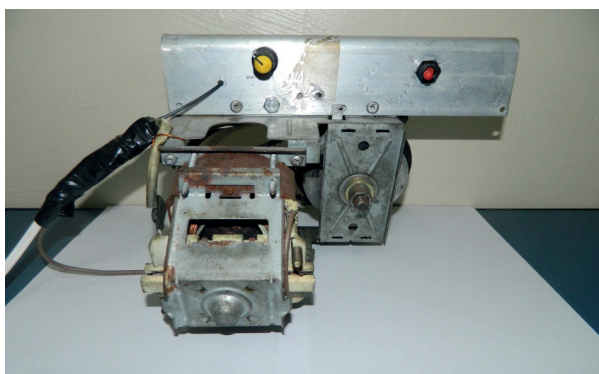


Figura 4. Motor.

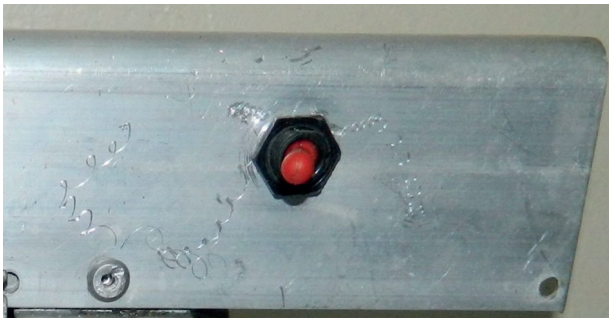


Figura 5. Interruptor de corrente.

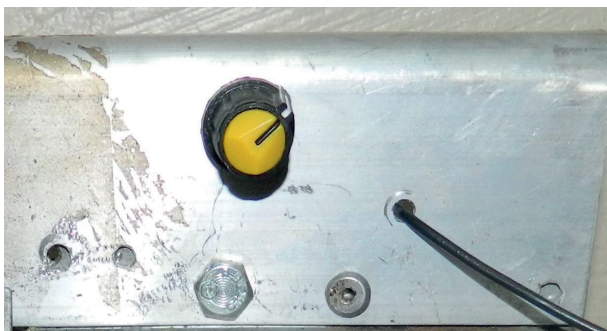


Figura 6. Regulador de velocidade



Figura 7. Roldana



Roleta Cilíndrico Inferior e Superior

Nesse trabalho, foram utilizados quatro roletes, sendo dois de nylon (Figura 8), um de PVC (Figura 9) e outro de alumínio com uma roldana do lado esquerdo (Figura 10), ambos de aproximadamente 9,3 cm de comprimento por 2,9 cm de diâmetro. Os roletes de nylon e alumínio também necessitaram dos serviços de um torneiro mecânico para dar o formato necessário a sincronia dos movimentos.

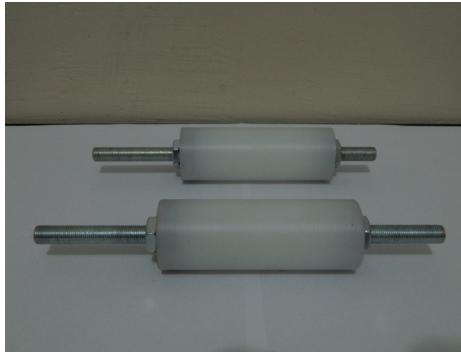


Figura 8. Roletes de nylon



Figura 9. Roleta de PVC



Figura 10. Rolete inferior com roldana

Eixo dos Roletes

Para dar movimento aos roletes usou-se três eixos de bicicleta (Figura 11) de 0,7 cm de diâmetro por 17 cm de comprimento.



Figura 11 – Eixos de bicicleta

Base Horizontal

A base de ferro (Figura 12) tem 10 cm de largura por 4,5 cm de altura em formato de U e duas chapas de 27 cm de comprimento por 7,5 cm de largura.





Figura 12. Base

Base Vertical

As bases verticais feitas de um plástico rígido têm as seguintes dimensões:

Base vertical direita (Figura 13) com 49 cm de comprimento e 7,5 cm de largura e 1 cm de espessura.

Base vertical esquerda (Figura 14) com 49,5 cm de comprimento e 10 cm de largura e 1 cm de espessura.

Base vertical de sustentação (Figura 15) com 49 cm de comprimento e 6,5 cm de largura e 1 cm de espessura.

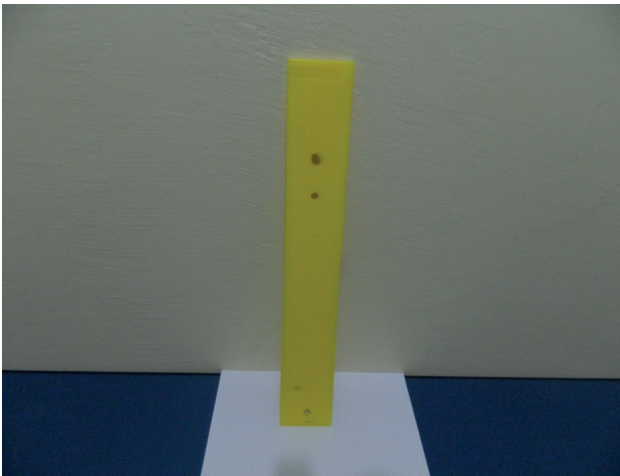


Figura 13. Base de sustentação

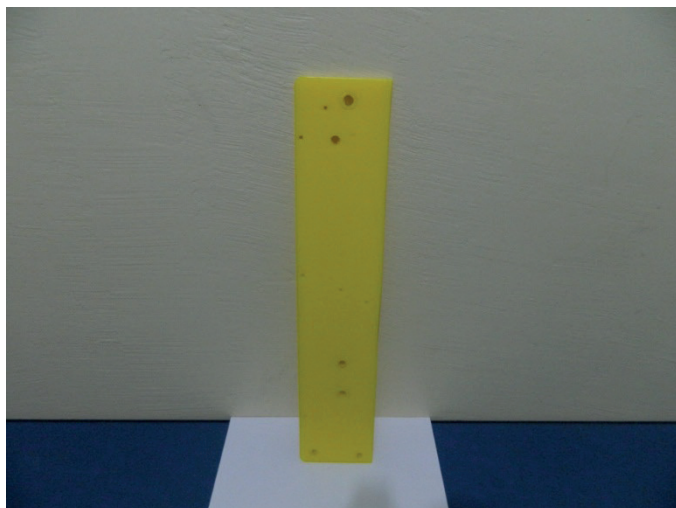


Figura 14 Base vertical esquerda



Figura 15. Base de sustentação



Polia

A polia lisa (Figura 16) que conecta a roldana ao rolete de alumínio e transmite movimento ao sistema tem aproximadamente 54 cm de comprimento.



Figura 16. Polia lisa

Parafusos, Porcas e Arruelas.

Para fixação dos componentes acima foram utilizados:

- 12 porcas para parafuso de 1 cm de diâmetro.
- 1 parafuso de 0,6 cm de diâmetro e 17 cm de comprimento
- 1 porca para parafuso de 0,6 cm de diâmetro.
- 3 parafusos de 0,4 cm de diâmetro e 5 cm de comprimento
- 3 porcas para parafuso de 0,4 cm de diâmetro.
- 5 parafusos de 0,2 cm de diâmetro e 4 cm de comprimento
- 5 porcas para parafuso de 0,2 cm de diâmetro.
- 1 parafuso de 0,4 cm de diâmetro e 2,5 cm de comprimento
- 1 porca para parafuso de 0,4 cm de diâmetro.
- 5 arruelas para parafusos de 0,4 cm de diâmetro.



Procedimento de montagem do gerador eletrostático

Para a montagem do experimento soldou-se as duas chapas na barra em formato de U (Figura 12), em seguida fez-se dois orifícios na parte central, onde utilizou-se dois parafusos com duas porcas para fixação do motor (Figura 4). Na outra extremidade fez-se mais dois furos, onde fixou-se a base vertical esquerda (Figura 14) com dois parafusos e duas porcas. Para servir de apoio a esta base, fixou-se nela outra base vertical de sustentação (Figura 15) com três parafusos e três porcas.

Na base lateral vertical direita (Figura 13) fez-se cinco furos, sendo três na parte inferior e dois na parte superior, onde fixou-se os quatro roletes, com sete porcas, sendo que o rolete de alumínio (Figura 10) e o rolete de PVC (Figura 9) foram fixados na parte inferior das bases verticais (Figura 13 e 14), e os dois roletes de nylon (Figura 8) foram fixados na parte superior das bases verticais, conectando-os com uma correia (Figura 2) para sincronizar o movimento. Para sustentação da cuba (Figura 1) fixou-se uma alça (Figura 3) com um parafuso na parte superior da base vertical esquerda.

Para dar maior eficiência no movimento, instalou-se um regulador de velocidade (Figura 6) no motor que permite variar sua velocidade e um interruptor (Figura 5) para bloquear a passagem da corrente. Já, para transmitir o movimento da roldana fixa do motor (Figura 7) para os roletes acoplou-se uma polia lisa (Figura 16).

Após acionamento do motor, a polia começa a transmitir movimento aos demais componentes do sistema, fazendo com que haja uma transferência de cargas através do processo de eletrização.

Para melhor entendimento do procedimento de montagem, criou-se um croqui especificando minuciosamente os componentes, bem como sua respectiva montagem (Figuras 17.a, 17. b)



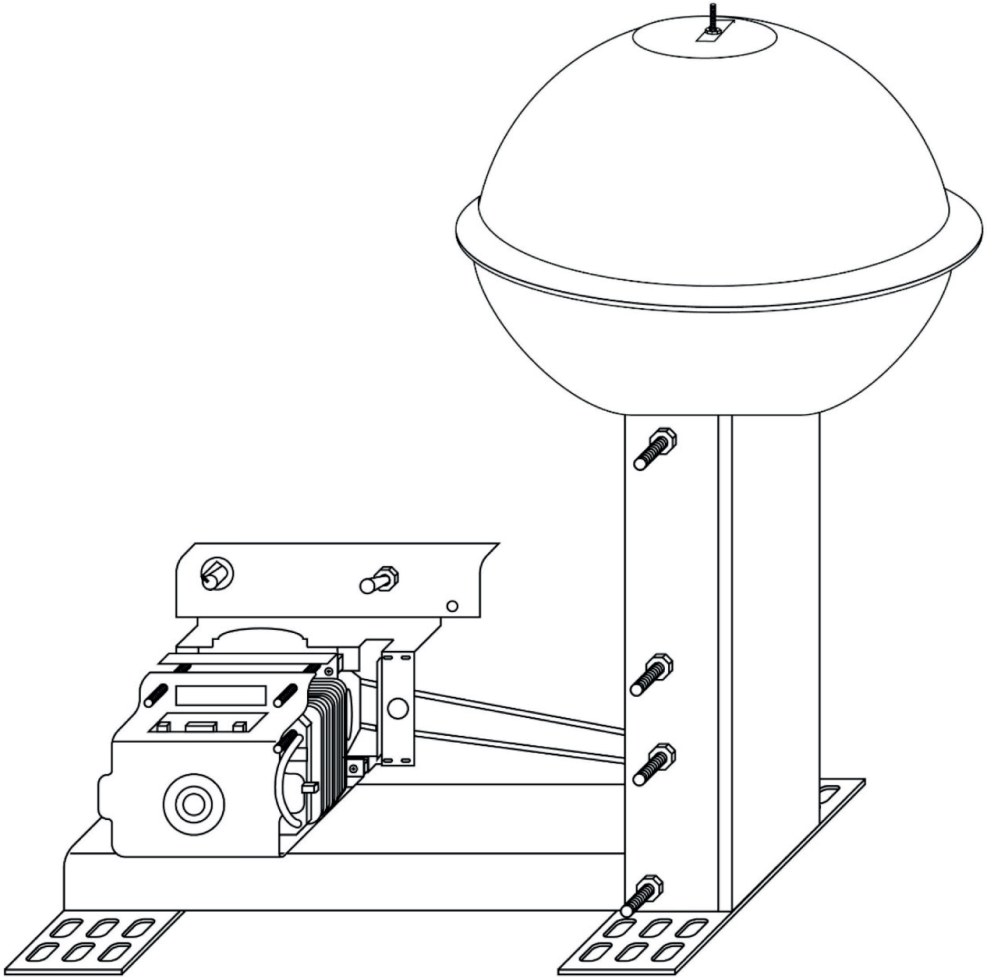


Figura 17.a. Croqui do gerador eletrostático



Peça	Quant.
① Base	1
② Motor	1
③ Base vertical direita	1
④ Base vertical esquerda	1
⑤ Base de sustentação	1
⑥ Polia lisa	1
⑦ Polia dentada	1
⑧ Rolete inferior com roldana	1
⑨ Roletes de nylon	2
⑩ Rolete de PVC	1
⑪ Roldana	1
⑫ Correia transportadora de cargas	1
⑬ Alça de alumínio	1
⑭ Cuba esférica	1

Peça	Quant.
Parafuso	10
Arruela	5
Porca	17

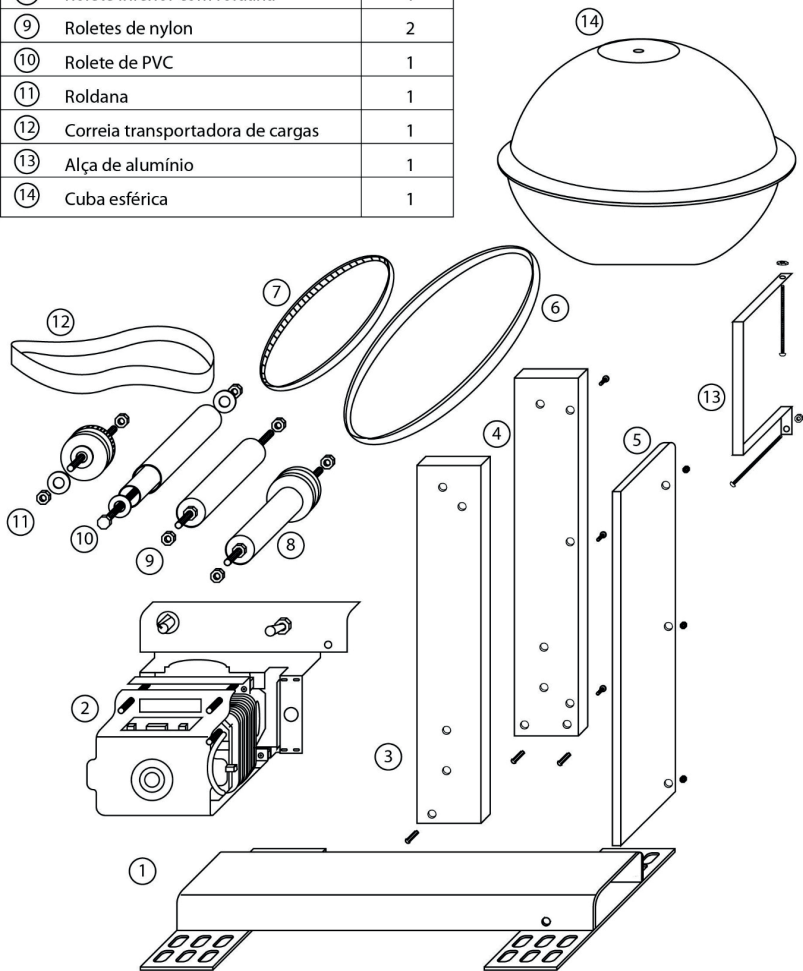


Figura 17.b. Croqui do gerador eletrostático



Esse experimento, ao término de sua montagem, recebe o nome de gerador eletrostático (Figura 18).



Figura 18. Gerador eletrostático feito com material alternativo e de baixo custo



Explicação do fenômeno físico

O princípio básico do funcionamento do gerador eletrostático, aqui construído com material alternativo, baseia-se no processo de eletrização por atrito, onde como é sabido, nesse tipo de processo, eletrizam-se dois corpos inicialmente neutros, que no final do procedimento, ambos adquirem cargas elétricas iguais e de sinais contrários. No caso específico, tem-se uma correia de borracha (Figura 2) em contato com os roletes de PVC (Figura 9), nylon (Figura 8) e de alumínio (Figura 10). Durante o funcionamento do gerador, a correia em movimento com os roletes, faz com que haja uma transferência de cargas elétricas entres os roletes e a correia.

Esse excesso de cargas geradas são transferidas para a cuba metálica através de um suporte (alça), que a princípio, estava em equilíbrio eletrostático. Dessa forma, a cuba esférica sofrerá um desequilíbrio eletrostático, passando a manifestar propriedades elétricas de atração ou repulsão. Como as cargas que foram transferidas para a superfície esférica possuem o mesmo sinal, elas tendem, de acordo com o princípio da atração e repulsão, a se afastarem uma das outras, ficando, devido à geometria do corpo eletrizado, em pontos equidistantes.

A partir dessa distribuição de cargas, com a aproximação de pequenos pedaços de papel alumínio eletricamente neutro, por exemplo, pode-se detectar a presença do campo elétrico produzido por elas, ficando evidenciado pela existência da interação elétrica entre o papel alumínio e a superfície esférica.

Para concretização da explicação do fenômeno físico, faz-se necessário a verificação do tipo de sinal da carga. Essa verificação do sinal da carga do gerador eletrostático foi estabelecida de forma experimental, utilizando como referência uma pilha (palito) de tensão igual a 1,5 V, divulgada em sua especificação.

Sabe-se que a pilha gera corrente contínua através de uma reação espontânea de oxirredução, conhece-se ainda os sinais dos pólos, onde o sinal positivo fica em uma das extremidades dessa pilha denominada de cátodo e o pólo negativo, na extremidade oposta que recebe o nome de ânodo.

Usando um multímetro constatou-se o sinal de um dos pólos dessa pilha, fazendo a seguinte verificação: segurando um dos cabos com a mão e encostando o outro em um dos pólos da pilha, comprovou-se a existência do sinal positivo da carga desse pólo.

Com a identificação do sinal e mantendo um dos cabos em contato com a mão, procede-se à verificação do sinal da carga produzida pelo gerador. Com o gerador eletrostático



em funcionamento, encosta-se o mesmo cabo que verificou o sinal da pilha na cuba do gerador, assim, observa-se que o sinal das cargas que eletrizaram a cuba, possui o mesmo sinal (+) do pólo da pilha anteriormente detectado. Então, conclui-se que o gerador eletrostático através do processo de eletrização por atrito, armazenou cargas do tipo positivo na casca esférica.

Vale salientar que essa verificação do sinal da carga do gerador é um comparativo com os pólos de uma pilha, onde através da experimentação detecta-se o sinal da carga positiva no pólo da pilha, obtendo o mesmo sinal (+) na cuba do gerador.

Precauções na Eficiência da Geração de Cargas do Gerador

Sobre o gerador devem ser tomadas algumas precauções, esses cuidados servirão para precaver de possíveis dificuldades na eficiência da geração de cargas. Nessa ótica destaca-se a umidade do ar e a sujeira no gerador que podem dificultar a geração de cargas.

Outro fator que pode interferir na eficiência da geração de cargas é a regulagem do conjunto (roletes/correia/alça de sustentação), esse conjunto requer ajustes condizentes com a elasticidade da correia, pois, se ficar muito folgada, encosta nas bases laterais, dificultando seu movimento e consequentemente a geração de cargas.

Sugestões de Links Sobre Montagem de um Gerador

http://www.feiradeciencias.com.br/sala11/11_49.asp

https://www.youtube.com/watch?v=EJUP_4XkHQk

<https://www.youtube.com/watch?v=zktwjowTY30>

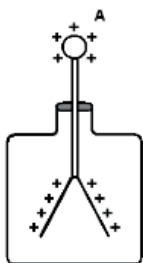
<https://www.youtube.com/watch?v=Bt41LtHOVzY>

<https://www.youtube.com/watch?v=w8lJzAxK5TE>

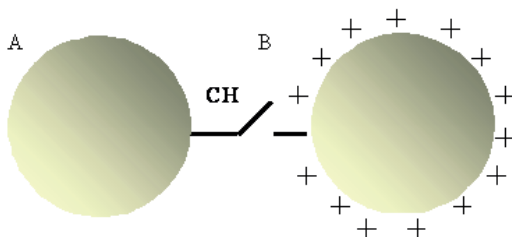


Sugestões de Atividades

- Um corpo, inicialmente neutro, é eletrizado com carga $Q=48 \mu\text{C}$. Sendo a carga elementar $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, pergunta - se:
 - O corpo ficou com falta ou com excesso de elétrons?
 - Qual é o número de elétrons que foi dele retirado ou a ele fornecido?
- A figura representa um eletroscópio de lâminas metálicas carregado positivamente. Tocando o dedo na esfera A observa-se que as suas lâminas:
 - fecham, pois o eletroscópio recebe elétrons.
 - fecham, pois o eletroscópio cede elétrons.
 - abrem mais, pois o eletroscópio recebe elétrons.
 - abrem mais, pois o eletroscópio cede elétrons.
 - permanecem inalteradas, pois trocam elétrons com o dedo



- Duas esferas condutoras de mesmo diâmetro estão representadas na figura abaixo. A é maciça e está descarregada; B é oca e está carregada positivamente.

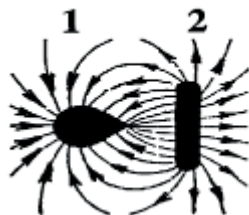


O que acontece no momento em que a chave CH é fechada?

- a metade da carga de B transfere-se para A.
- um terço da carga de B transfere-se para A.
- toda a carga de B transfere-se para A.
- nenhuma carga é transferida de B para A.
- a quantidade de carga que se transfere depende das massas das duas esferas.



4. As linhas de força da figura abaixo representam o campo elétrico existente em torno dos corpos 1 e 2.

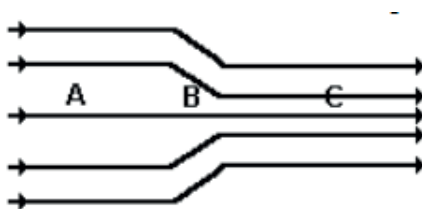


Relativamente a seu estado de eletrização, pode-se concluir que os corpos 1 e 2 se apresentam, respectivamente,

- a) com cargas positiva e negativa.
 - b) com cargas negativa e positiva.
 - c) com cargas positiva e positiva.
 - d) com carga positiva e descarregada.
 - e) descarregado e com carga positiva.
5. As afirmativas referem-se a esta figura
- I – A intensidade do campo elétrico E na região A é maior do que na região C.
- II – Uma carga negativa colocada nas regiões A ou C sofre uma força para a esquerda.
- III – Uma carga positiva colocada nas regiões A ou C sofre uma força para a direita.

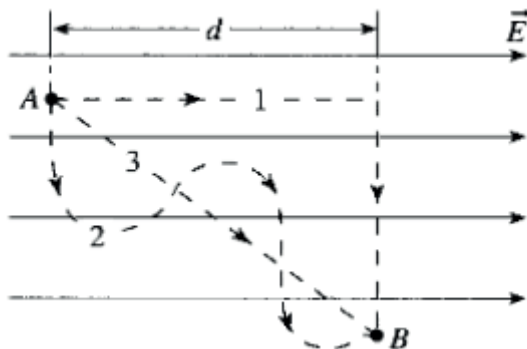
Estão corretas:

- a) Apenas a I.
- b) Apenas a I e II.
- c) Apenas a I e III.
- d) Apenas a II e III.
- e) I, II e III



6. A figura mostra as linhas de força de um campo elétrico, situado em certa região do espaço e dois pontos desse campo, A e B. Uma carga elétrica positiva é colocada em repouso no ponto A e pode ser levada até o ponto B, seguindo qualquer uma das trajetórias (1, 2 ou 3).





Leia as afirmativas a seguir.

I – O campo elétrico tem a mesma intensidade nos pontos A e B.

II – O trabalho realizado para levar a carga elétrica de A até B depende da trajetória escolhida e guarda a seguinte relação: $W_2 > W_1 > W_3$.

III – Entre os pontos A e B, existe uma diferença de potencial elétrico, cujo módulo pode ser determinado pelo produto do módulo do campo elétrico e a distância d. Assinale:

- Se todas as afirmativas estão corretas.
- Se todas as afirmativas estão incorretas.
- Se apenas as afirmativas I e II estão corretas.
- Se apenas as afirmativas I e III estão corretas.
- Se apenas as afirmativas II e III estão corretas.

7. Analise cada uma das seguintes afirmações relacionadas com eletricidade e indique se é verdadeira (V) ou falsa (F):

- Uma esfera metálica eletricamente neutra, ao ser aproximada de um bastão de vidro positivamente carregado, pode sofrer uma força de atração elétrica.
- Em uma esfera metálica eletricamente carregada, as cargas distribuem-se uniformemente, ocupando todo o volume da esfera.
- Uma carga elétrica positiva colocada entre duas cargas negativas é repelida por ambas.



Quais são, respectivamente, as indicações corretas?

- a) V, F, F
- b) V, F, V
- c) V, V, F
- d) F, V, V
- e) F, V, F

8. Dois corpos de materiais diferentes, quando atritados entre si, são eletrizados. Em relação a esses corpos, se essa eletrização é feita de forma isolada do meio, é correto afirmar que:

- a) um fica eletrizado positivamente e o outro negativamente.
- b) um fica eletrizado negativamente e o outro permanece neutro.
- c) um fica eletrizado positivamente e o outro permanece neutro.
- d) ambos ficam eletrizados negativamente.
- e) ambos ficam eletrizados positivamente.

9. Considerando uma esfera metálica, eletricamente isolada e em equilíbrio eletrostático, eletrizada com carga Q , pode-se afirmar que:

- a) o campo elétrico no interior da esfera é nulo e em sua superfície é diferente de zero.
- b) o campo elétrico no interior da esfera e em sua superfície é nulo.
- c) o potencial elétrico no interior da esfera é nulo e em sua superfície é constante e diferente de zero.
- d) o potencial elétrico da esfera é variável.
- e) o campo elétrico no interior da esfera é variável

10. Na mitologia dos povos da antiguidade, assim como no humor de Luís Fernando Veríssimo, os raios são apresentados como manifestações da irritação dos deuses.



Seus conhecimentos de eletricidade permitem-lhe afirmar que ocorrem descargas elétricas entre nuvens e a Terra quando

- a) o ar se torna condutor porque foi ultrapassado o valor de sua rigidez dielétrica.
- b) cresce muito a rigidez dielétrica do ar, devido ao acúmulo de cargas elétricas nas nuvens.
- c) se torna nula a diferença de potencial entre as nuvens e a Terra porque estão carregadas com cargas de sinais contrários.
- d) diminui o campo elétrico na região, devido à eletrização da superfície terrestre por indução.
- e) o valor do campo elétrico na região oscila fortemente, devido ao acúmulo de cargas elétricas nas nuvens.

Lista de exercício extraído do endereço:

<https://docente.ifrn.edu.br/andrebrito/disciplinas/eletrostatica>

http://www.fisica.net/vestibular/testes/eletrostatica_1.php

