

LEVANDO A MÁQUINA DE WIMSHURST PARA A SALA DE AULA

Leandro Nery Nunes^a, nunes_nutes@yahoo.com.br

Ligia de Farias Moreira^b, ligia@if.ufrj.br

Wilma Machado Soares Santos^c, wilma@if.ufrj.br

Marcos Binderly Gaspar^d, mgaspar@if.ufrj.br

^a Espaço Coppe – Universidade Federal do Rio de Janeiro
^{b,c,d} Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

As máquinas eletrostáticas em geral e a máquina de Wimshurst em particular, não são encontradas entre os equipamentos disponíveis em sala de aula e só são vistas em espaços de difusão científica devido ao seu alto custo. Portanto, poucos alunos do Ensino Médio têm acesso a sua utilização e aos conceitos físicos de eletrostática que podem ser aprendidos através do funcionamento destas máquinas. Estas, com suas descargas elétricas semelhantes a pequenos raios, são muito chamativas e facilitam ao professor desenvolver os conceitos de cargas elétricas, eletrização por contato, eletrização por indução, armazenamento de cargas, capacitância e a compreensão dos mecanismos das tempestades. O objetivo deste trabalho é fornecer subsídios para professores construírem uma máquina deste tipo, porém, de custo relativamente baixo. Feiras de ciências, espaços alternativos de divulgação científica com poucos recursos também podem ser beneficiados com a construção desta máquina. Um breve histórico sobre a evolução destas variedades de máquinas eletrostáticas é apresentado. São descritos de forma detalhada a montagem, a construção e o funcionamento de uma máquina de Wimshurst. A montagem foi dividida em diversas etapas independentes, para facilitar sua construção. Algumas observações que devem ser obedecidas foram acrescentadas, como partes que devem ficar em contato e partes que nunca devem encostar, posicionamentos de alguns elementos, pois levariam ao mal funcionamento da máquina. Este trabalho foi desenvolvido como atividade relacionada a uma monografia de final do curso de Licenciatura em Física da UFRJ. Atualmente está sendo apresentada para alguns colégios de Ensino Médio da rede estadual do Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

As diversas transformações que a sociedade passa, tanto no aspecto tecnológico como no científico, se refletem cada vez mais no cotidiano de todos os cidadãos, e em todo momento encontrarmos fenômenos físicos regendo essas transformações. Podemos perceber, então, que a Física é imprescindível na formação cidadã.

De acordo com a Lei 9394/96, a Física deve ser ensinada mediante a educação para o exercício pleno da cidadania.

“A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” [LDB,1996]

Mas, ao contrário do que se espera, o aluno do Ensino Médio, de um modo geral, não tem essa percepção, e a Física é vista como algo sem significado, informações soltas e sem valor real para sua vida. Torna-se imperativo uma mudança na abordagem dos conteúdos de Física, sobretudo em relação à desvinculação dos dogmas tradicionais herdados em sala de aula e a promoção de um ensino voltado para o cotidiano do aluno. Faz-se necessário à adoção de um ensino contextualizado que promova uma interação para a construção do conhecimento.

O fenômeno de descargas elétricas é visto em dias tempestuosos, nos quais o acúmulo de cargas nas nuvens em um determinado momento faz com que o ar, que antes não conduzia cargas elétricas, passe a conduzir, tendo como consequência a emissão de luz, que é o relâmpago, e a emissão do som, que é o trovão. Para realizar uma transposição didática, sugerimos um experimento cuja montagem é um pouco complexa, mas relevante para a aprendizagem de diferentes tópicos de eletricidade. Descrevemos detalhadamente o procedimento para a construção e o uso de uma máquina de Wimshurst (Figura 1) de baixo custo, para ser utilizada por professores que possam montá-la, e permitir-lhes reproduzir experimentos relevantes na compreensão dos fenômenos elétricos.

BREVE HISTÓRICO

Até o século XVIII a única forma conhecida de geração de eletricidade era o atrito. Mas em 1787, Abraham Bennet descreveu “um dobrador de eletricidade”, ou seja, uma máquina em que a partir de uma quantidade pequena de eletricidade, fosse ela positiva ou negativa, era capaz de aumentar sucessivamente a carga, de tal maneira que se tornava perceptível a equipamentos de medida, ou até mesmo, produzia faíscas visíveis ao olho humano. As máquinas eletrostáticas de influência geram altas tensões através de influência (indução eletrostática) de campos elétricos, sem o uso de atrito para separar cargas.

A máquina de Wimshurst foi inventada na Inglaterra, por James Wimshurst, e primeiramente descrita em janeiro de 1883, quando já eram conhecidas outras máquinas de influência de relativa alta potência. Na época a atenção da pesquisa sobre eletricidade estava voltada para aplicações práticas como iluminação elétrica, motores elétricos, telefonia e telegrafia, com muito da pesquisa básica, que se iniciou pela eletrostática, e utilizou extensivamente máquinas de atrito. Houve uma retomada no interesse por aplicações práticas para estas máquinas após a descoberta dos raios X em 1895, como fontes de alta tensão para acionar os tubos de Crookes, mas com o advento de eletrificação generalizada, as máquinas eletrostáticas de discos passaram a ser apenas dispositivos de demonstração. Atualmente, geradores eletrostáticos mecânicos são usados apenas em aceleradores de partículas, mas na forma mais conveniente para as altas



Figura 1: Experimento produzido para demonstrar fenômenos elétricos - Máquina de Wimshurst

tensões necessárias, do gerador de Van der Graaff (1931) e seus derivados [Queiroz, 2005].

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Material utilizado

Placa de madeira retangular para a base 35x16x2cm;

2 placas de madeira para as laterais 23x6x2cm;

2 pedaços de 18,5 cm de tubo de PVC de ½ polegada de diâmetro;

2 flanges de PVC de ½ polegada de diâmetro;

2 eixos de material condutor (alumínio) de 20 cm (no experimento foram utilizadas tarugos de 6 mm de diâmetro (eixo de impressora velha);

eixo de 10 cm com 6 mm de diâmetro para a manivela.

discos de vinil;

1 paralelepípedo de madeira de 7x2x2cm para a manivela.

1 arruela de PVC com raio interno ligeiramente maior que 6 mm e externo de 1”;

anéis O’ring (o tamanho depende da distância entre o eixo superior e inferior);

2,5 metros de fio de cobre rígido;

2 anéis (para os neutralizadores) de material

condutor (latão) de 1,5 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro (pode ser de 1”) furado no meio. O tamanho do furo é ligeiramente maior do que o eixo usado. Faça dois furos na lateral do anel (diametralmente opostos) para montar o neutralizador e um furo rosqueado, também na lateral para fixar o anel no eixo com parafuso, conforme ilustra a figura 2;

2 potes plástico no formato de cilindro de 10 cm de diâmetro e 11 de altura;

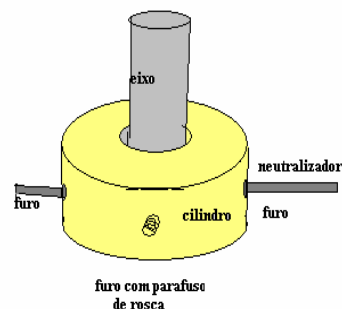


Figura 2- Anel do neutralizador



Figura 3 – Polia com uma base para fixação do eixo inferior

60 cm de corrente metálica de aproximadamente 1 cm de espessura;

1 anel com diâmetro interno pouco maior que 6 mm e diâmetro externo 1" e com furo rosqueado na lateral para fixá-lo no eixo inferior (será a trava da manivela),

1 m de arame fino flexível;

resistores de fio;

2 polias de 10 cm de diâmetro de alumínio com uma base. Faça um furo com rosca para o parafuso de fixação; se não encontrar polia com base pode mandar soldar um anel (figura 3).

2 polias pequenas de 3 cm de diâmetro externo e 4 cm de comprimento;

2 puxadores de armário redondos de material condutor de 2 cm de diâmetro;

puxadores de armário redondos de 2 cm de diâmetro de madeira;

2 pedaços de madeira para equilibrar a base, os flanges formam os outros dois pés;

espaguete de plástico, durepox, papel alumínio, parafusos, e papel lata.

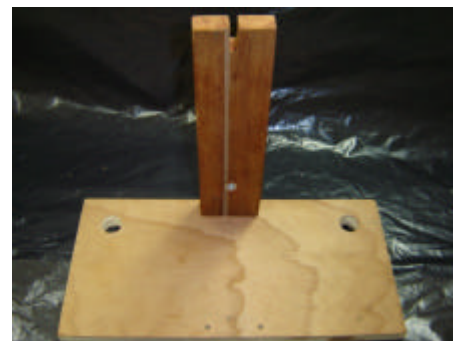
Base

Faça dois furos na base de 1/2" cujo centro fica a 3,2 cm das duas bordas (figura 4a). Nas laterais fure de forma centralizada, a 6 cm de uma extremidade. Na outra extremidade oposta da lateral faça uma fenda de 2 cm de profundidade, centralizada (figura 4b). Prenda as duas laterais na base.



Figura 4a- Base furada

4 b - Colocação da lateral para apoiar os eixos.



Coloque os flanges nos furos e atarraxe o cano de PVC (Figura 4c). Faça um furo da espessura do fio de cobre desencapado, vazando os dois puxadores de madeira. Depois cole o puxador no cano PVC com durepox, como mostrado na figura 4d.

Figura 4 c - Colocação do flange na base de

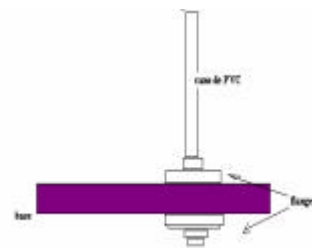


Figura 4d - Base com laterais e colunas de PVC para encaixe dos coletores.



Colocar no furo próximo da base buchas de alumínio cujo diâmetro interno seja ligeiramente maior que o eixo inferior.

Discos

Faça um sanduíche no eixo superior com: polia, disco, arruela de PVC ou papelão, disco, polia. As polias são fixadas no disco com parafuso.

Para os gomos (setor metálico) faça duas circunferências com os centros distando 4,5 cm. A de cima com 7,0 mm de raio e a de baixo com 3,5 mm. Una as duas tangencialmente como mostra a figura 5a. Recorte 60 gomos, em alumínio de quentinha, e coloque 30 deles, igualmente espaçados, em cada disco. O disco pronto tem a aparência da figura 5b, ele é encaixado nas fendas das laterais da base.

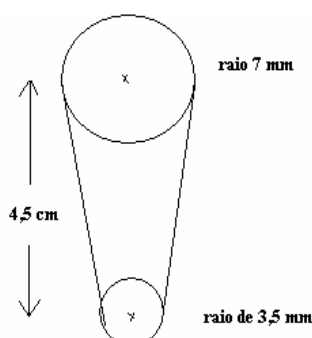


Figura 5a - Molde do setor metálico



Figura 5b - Foto do disco

Neutralizadores

Para montar os dois neutralizadores (figura 6 a) corte quatro pedaços de fio de cobre de 15 cm, desencape as extremidades de todos os pedaços dos fios, 2 cm de um lado e 3 cm do outro. A extremidade menor é introduzida nos anéis do neutralizador e na outra extremidade colocamos uma escova presa com espaguete como mostra o esquema da figura 6b. A escova é feita com os fios retirados do interior dos resistores de fio, envolvida com papel alumínio e presa no fio de cobre com o espaguete de plástico. Cada neutralizador tem duas escovas. As pontas dos neutralizadores formam um ângulo de 90º como mostrado na figura 6a, de tal maneira que as escovas encostem nos discos.

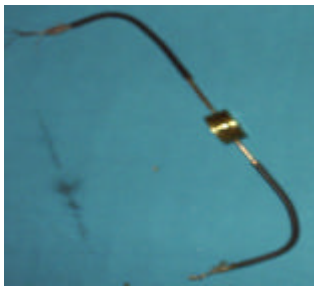


Figura 6a - Neutralizador

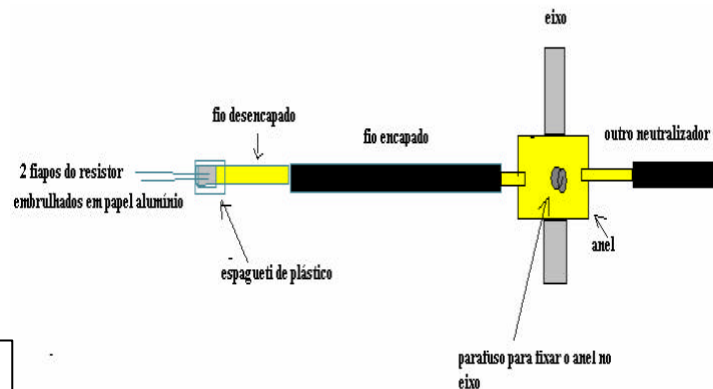


Figura 6b - Esquema do neutralizador

TERMINAIS FAISCADORES – COLETORES – MANIVELA

Para a montagem dos faiscadores são utilizados dois pedaços de fio de cobre com 37 cm de comprimento, sendo 24 cm desencapado. Fure dois puxadores de madeira para atravessar o fio na parte desencapada. Na ponta desencapada coloque os dois puxadores metálicos. Na outra extremidade coloque um pedaço de 10 cm de tarugo de PVC para evitar faíscas deste lado como na figura 7.



Figura 7– Terminais que serão encaixados nos coletores e que por onde sairão as descargas.

Os dois coletores são feitos de fio de cobre desencapado com 18,5 cm de comprimento. Eles são introduzidos nos puxadores que se encontram presos nos canos de PVC da base. Os coletores devem ficar bem próximos aos discos, mas não podem, de forma alguma, encostar neles. A montagem se encontra na figura 8.



Figura 8 – Coletores que recolhem as cargas dos setores metálicos por indução.

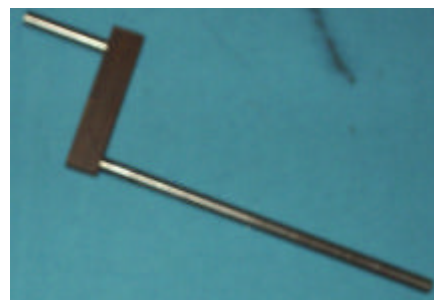


Figura 9 – Manivela para rodar o eixo inferior

A manivela é feita com o eixo inferior preso no paralelepípedo de madeira de um lado e do outro lado fixamos um tarugo de metal para acionarmos a manivela, como mostrado na figura 9.

Garrafas de Leyden

A "garrafa de Leyden" é um tipo de capacitor de alta tensão de uso comum em eletrostática. Na forma usual consiste em um pote cilíndrico de material altamente isolante, com uma folha metálica fixada por fora e outra fixada por dentro. Um terminal atravessando a tampa do pote faz contato com a folha interior, e um anel metálico faz contato com a folha exterior, constituindo assim os dois terminais do capacitor. Cortamos quatro tiras de papel alumínio para envolver internamente e externamente os dois potes plásticos. Podemos colar as pontas do papel alualumínio. A altura do papel alumínio, tanto internamente quanto externamente, deve ter dois terços da altura do pote. Faça bolinhas de papel alumínio e coloque dentro do pote para melhorar o contato. Passe um arame pela parte externa do pote, enroscando as duas pontas e virando-as para dentro, para evitar faíscas pelas pontas. Prenda uma corrente metálica unindo os dois potes. Faça um furo no centro da tampa e coloque um pedaço de fio de cobre de 27 cm de comprimento. Desencape 4 cm das duas extremidades. As garrafas montadas se encontram na figura 10.



Figura 10 Garrafas de Leyden produzidas para armazenar as cargas coletadas

Montagem Final

Coloque dois O´rings nas polias do eixo superior, um de cada lado e depois introduza os neutralizadores no eixo superior de tal forma que as escovas encostem no disco.

Encaixe o eixo superior nas duas fendas das laterais da base como indica a figura11. Fixe o eixo inferior primeiramente no furo de baixo da lateral mais afastada das colunas de PVC, logo depois introduza a trava da manivela e depois as duas polias, ajustando os O´rings. O primeiro O´ring mais afastado da coluna de PVC é colocado normalmente e no outro damos uma torcida antes de colocá-lo na polia para que o segundo disco gire em sentido contrário ao primeiro de acordo com a figura 12. Empurre o eixo até que o paralelogramo da manivela encoste na lateral e depois aperte os parafusos da trava e das polias.



Figura 11 – Montagem do eixo superior

Figura 12 – O´ring torcido para que o segundo disco gire no sentido contrário do primeiro



Para acertar os neutralizadores coloque a lateral da manivela de frente para você e gire o neutralizador para a esquerda fazendo um ângulo de 60° com a horizontal, no sentido horário. Vire a máquina do outro lado e posicione o neutralizador também com um ângulo de 60° no sentido horário. Aperte os parafusos dos neutralizadores para fixá-los nesta posição. Coloque duas buchas pequenas no puxador dos terminais para que este fique melhor ajustado. Encaixe os terminais nos coletores e finalmente pendure as garrafas de Leyden nos coletores.

Para a máquina funcionar gire no sentido horário. Se não funcionar se certifique que as escovas estejam encostando nos setores metálicos e que os coletores não estão muito afastados do disco, porém sem encostar neles.

Figura 13a – posicionando o terminal faiscador



Observação: Qualquer atividade envolvendo eletrostática deve ser feita em dias quentes e secos. Podemos usar ar condicionado ou desumidificador para melhorar os resultados.



Figura 14 – Máquina em funcionamento produzindo descarga entre os terminais faiscadores

Figura 13b – Posicionando os neutralizadores



A Física da Máquina

Ao girarmos a manivela os setores metálicos dos discos passam pelos coletores de carga, e depois pelas escovas neutralizadoras adjacentes (sentido horário). Quando um setor metálico passa por uma escova, ele é influenciado pelo disco oposto, e cargas opostas às do disco oposto são atraídas para ele. Como são vários setores influenciando um só, e também

existindo o efeito dos setores em alto potencial nas laterais da máquina, o setor aterrado pela escova recebe mais carga do que havia nos setores do disco oposto. Estes setores carregados vão a seguir servir de fontes de influência para os setores do outro disco, realimentando positivamente o efeito. As cargas geradas crescem exponencialmente, até que ocorra perda por faiscamento, que dependem das dimensões dos discos que limitam a tensão máxima que pode ser atingida. O maior comprimento de faísca que pode ser obtido é dado aproximadamente pela soma das distâncias entre setores metálicos adjacentes ao longo de $1/3$ de um disco. Isto ocorre porque a partir de certa distância o faiscamento ocorre entre os setores, passando pelas barras neutralizadoras. Esta distância usualmente corresponde a $1/3$ a $1/4$ do diâmetro dos discos.

As áreas entre as escovas neutralizadoras nas áreas superior e inferior dos discos são onde as cargas são geradas. Nestas áreas a tensão entre os discos é pequena, o que minimiza as perdas por faiscamento para a estrutura da máquina, permitindo uma construção compacta. As faces interiores dos discos permanecem neutras, pois a inversão de polaridade nas faces exteriores duas vezes a cada volta dos discos não permite que cargas parasitas se acumulem aí. A acumulação de cargas parasitas no lado oposto das placas carregadas constituía um problema com máquinas eletrostáticas anteriores à de Wimshurst, que funcionavam com apenas um disco rotativo, causando reversões periódicas de polaridade, inexistentes na máquina de Wimshurst. [Queiroz, 2005]

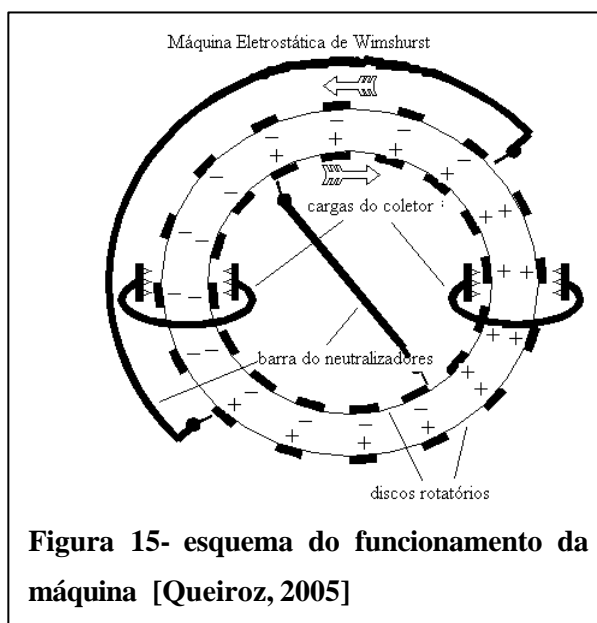


Figura 15- esquema do funcionamento da máquina [Queiroz, 2005]

Concomitantemente, as escovas coletoras captam as cargas dos setores metálicos e essas cargas são conduzidas até as garrafas de Leyden e passam a ser acumuladas. Cada terminal possui a carga da respectiva garrafa de Leyden que se encontra conectada, de tal maneira que há acúmulo de carga positiva em um terminal e negativa em outro terminal chegando num determinado momento em que o ar que separa os dois terminais passa a conduzir cargas resultando em faíscas. Cabe-nos mencionar que a máquina de Wimshurst pode funcionar sem a garrafa de Leyden.

CONCLUSÃO

Em geral, equipamentos para experimentos de eletrostática que funcionem regularmente, são muito difíceis de se construir tendo como principal obstáculo a descarga via umidade do ar. Temos que evitar materiais como vidro e madeira, pois não são bons isolantes. Plásticos, acrílico e polietileno são materiais aconselhados para estes tipos de equipamentos. Com o intuito de baratear a máquina utilizamos discos de vinil, material de quentinha e fios de cobre rígidos, bem como puxadores de armário metálicos e de madeira. O custo da máquina ficou em aproximadamente R\$ 70,00.

Muitas vezes se deixamos a máquina algum tempo sem operar verificamos que a mesma já não funciona. Neste caso deve-se limpá-la bem, verificar se os coletores estão ligeiramente afastados dos discos ou se os neutralizadores estão encostando nestes. Os fios dos

neutralizadores às vezes devem ser trocados. Se estiver úmido deve-se soprar ar quente, de um secador de cabelo, p. ex., na máquina para retirar a umidade. Estes cuidados deverão fazer com que a máquina volte a funcionar.

REFERÊNCIAS

GUIMARÃES, L.A, Fonte Boa, M., *Eletricidade e Ondas Física para o 2º grau*, São Paulo, editora Harbra, 1998

LEI DE DIRETRIZES E BASES 9394/96, Ministério da Educação, disponível em <http://portal.mec.gov.br>, 2005

MÁXIMO, A., Alvarenga, B., *Física*, Volume Único, São Paulo, Editora Scipione, 1997

QUEIROZ, A.C., *Máquinas de Influência* disponível em: <http://www.coe.ufrj.br/~acmq/wimport.html>, em dezembro 2005