

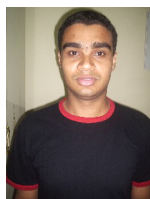


**Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Física Gleb Wataghin - IFGW**

F-809 -Instrumentação de Ensino

Relatório Final

A Garrafa De Leiden



Coordenador: da Disciplina : Prof Dr José Joaquim Lunazzi

Orientador: Prof Dr Dirceu da Silva

Aluno: Paulo Leandro Cavicchio

Ra:009598

Introdução

A "garrafa de Leyden" é um tipo de capacitor de alta tensão de uso comum em eletrostática. Na forma usual atualmente (últimos 200 anos...), 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.

O dispositivo foi inventado independentemente, em 1745, por Von Musschenbroek, em Leiden (ou Leyden), Holanda, a partir de uma experiência de seu amigo Cunaeus, e por Von Kleist na Pomerânia. Na forma original era apenas uma garrafa com água dentro e um fio servindo de terminal interior, com a mão do experimentador servindo de terminal exterior. Logo foi aperfeiçoada até a forma que ainda é usada. Foi a primeira forma prática encontrada para o acúmulo de significantes quantidades de carga elétrica. Antes eram usados grandes condutores metálicos, que armazenavam carga em suas "capacitâncias de corpo", mas sempre em pequena quantidade. Com a garrafa de Leyden, quantidades suficientes para produzir fortes faíscas elétricas podiam ser armazenadas, o que logo levou a melhor entendimento das propriedades da eletricidade. Serviam também para impressionantes demonstrações, como dar choques elétricos em cadeias de centenas de voluntários (?) de mãos dadas. A forma, em que o terminal de alta tensão é bem isolado no interior, ainda é conveniente para um capacitor de alta tensão.

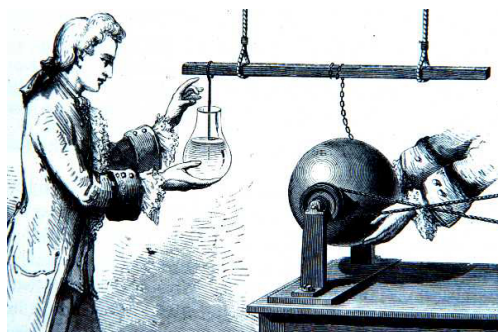


Figura 1: Representação do primeiro modelo da garrafa de Leyden

Musschenbroek testou a primeira garrafa de Leyden que fez, sem calcular a grande quantidade de carga que ali havia colocado. Ao tocar a vara de metal, tornou-se o primeiro homem que recebeu um "choque elétrico" de verdade. O choque, que o deixou desacordado, pô-lo de cama durante dois dias. Depois disso, passou a manejar a garrafa de Leyden com mais cuidado.

Para construir uma garrafa de Leyden, pode-se usar um pote, garrafa ou copo alto de plástico ou vidro, com tampa. Plásticos isolam bem melhor que vidro. O material deve ter espessura adequada, e não deve ter rachaduras ou juntas, que podem romper com a tensão. Vidro, se for usado, deve ser envernizado ou encerado, para melhorar a isolamento superficial.

Particularmente adequados para este uso são caixas de comprimidos efervescentes (vitamina C). A tampa com sílica gel contribuiu para deixar o interior seco, e assim altamente isolante. As folhas que formam as placas do capacitor podem ser de folha de alumínio, não muito fina para maior solidez de construção e bem alisada. A placa externa deve ser colada ao pote, ou ao menos fixada com fita adesiva. A placa interna pode ser deixada solta, já que tenderá a assumir a forma correta. O terminal central deve ser de arame grosso (alumínio ou latão, mais fáceis de dobrar e com boa aparência), terminado em um gancho e uma bola. O ideal é uma bola metálica, mas uma bola de outro material qualquer também serve, já que o propósito principal é o de evitar escape de eletricidade por "feito corona" na ponta do terminal. Fazer um anel na ponta do fio do terminal também é efetivo. O terminal central deve tocar a placa interna. Isto pode ser facilmente conseguido enrolando um arame mais fino no fio do terminal, dentro da caixa, e dobrando-o de forma que ele faça pressão contra a placa externa em dois pontos opostos. O terminal externo pode ser feito com um fio de latão enrolado como na figura. Faz-se um anel em uma das pontas, e passa-se o fio em volta da garrafa e por dentro do anel (como em um cinto). Ao dobrar a ponta para fora o anel fica firmemente preso à garrafa. Um outro anel dá o acabamento. Construções

mais elaboradas são possíveis, como neste par de garrafas de Leyden feito por um antigo construtor de instrumentos francês



Figura 2: Par de Garrafas feitas por um construtor francês.

Com caixas de comprimidos se consegue capacitâncias de uns 50 pF, mais ou menos dependendo da altura das placas metálicas, com isolamento suficiente para uns 60 kV. Com potes maiores, capacitâncias de centenas de pF podem ser conseguidas, e isolações suficientes para poucas centenas de kV. Para capacitâncias maiores, várias garrafas podem ser ligadas em paralelo, formando uma bateria de capacitores. Para maiores tensões, várias garrafas podem ser ligadas em série. Deve-se notar que capacitores de valor elevado em alta tensão são perigosos, devido à alta energia dos choques que podem causar. Para o uso com máquinas eletrostáticas, 50 a 100 pF é mais que o suficiente para a produção de brilhantes faíscas, sem maiores riscos. Note que a forma usual de conectar garrafas de Leyden a máquinas eletrostáticas bipolares é usar duas garrafas, uma com o terminal interno ligado a cada terminal da máquina, com os terminais externos interligados por um fio. A capacitância efetiva é a metade da capacitância de uma garrafa, mas a isolamento é dobrada.

Construindo uma garrafa de Leyden

Hoje a garrafa de Leyden não tem nenhuma aplicação prática, podemos fazer uma máquina eletrostática funcionar ou dar carga para uma máquina de flash,mas tudo no campo da apresentação e curiosidade.Seu principal papel é de mostrar aos interessados como funciona um acumulador de cargas.

Esta função de acumular cargas é um tanto confusa para estudantes do ensino médio, por isso acho importante dar a oportunidade para o aluno interessado de construir algo que faça ele ver como tal processo acontece.

Há inúmeros sites e livros que ensinam como fazer uma garrafa de Leyden, mas os modelos propostos são um tanto caro e possuem uma certa dificuldade para sua confecção.Estes modelos propõem uma garrafa que pode ser construída com frascos de acrílico, folhas de estanho, folhas de ouro amassadas e uma esfera de latão.

Para uma feira de ciências o modelo acima pode ser considerado barato e de fácil confecção , haja vista outros aparelhos que equipam tais feiras; como aceleradores de Van der Graaf, bobinas de Tesla e outros tantos...

Mas eu como professor de ensino médio devo procurar meios para que o aluno aprenda física de maneira simples,a baixo custo e com aquilo que ele tem em mãos , por isso procurei alternativas que levassem a construção de uma garrafa com o mínimo e com materias facilmente encontrados em qualquer casa.Esta idéia surgiu nas conversas que tive com um grande amigo meu Marson, que apresentou no primeiro semestre de 2005 nesta mesma disciplina um conjunto de experiências que podiam ser feitas a custo zero. Só para efeito de comparação, mostro aqui uma cópia do que pode ser encontrado no site [feira de ciências](#)

(www.feiradeciencias.com.br) sobre a garrafa de Leiden, em seguida descrevo os materiais e procedimentos que levaram a construção da minha garrafa.

Não se trata de nenhuma crítica ou correção ao site, que na minha opinião é o melhor sobre o tema no Brasil (Não digo do mundo, mas procurei equivalente em língua inglesa e não encontrei), alás o criador do site foi o maior colaborador na busca de alternativas mais baratas para a confecção da garrafa.



Figura 3: Sugestão de montagem do site feira de ciências.



Figura 4: Fotografia da garrafa de Leiden conforme o site feria de ciências.

A esfera de latão e a haste, são difíceis de serem confeccionadas. O aluno teria que pedir para que tais peças fossem usinadas e isto não me parece algo que o aluno será tentado a fazer. Ir atrás de alguém que usine a haste, ou solde uma esfera previamente usinada e de um custo alto é algo que certamente desmotiva o aluno.

Isto foi resolvido substituindo a esfera de metal por um anel feito de fio de cobre e a haste foi feita utilizando um pedaço de arame lixado. Ao invés de folhas amassadas de estanho enchi a garrafa com água salgada.

Este modelo não custou absolutamente nada, pois todos esses materiais puderam ser encontrados dentro da minha casa, e acredito dentro da casa de qualquer aluno, mesmo que ele seja muito carente.

Eis abaixo uma lista dos materiais utilizados para a confecção de uma garrafa de Leiden.

- frasco de vidro ou plástico (dê preferência para o plástico)
- rolo de papel alumínio.
- rolha de cortiça
- pedaço de arame não galvanizado.
- um pedaço de lixa para metais
- um rolo de fita de vedação
- um pedaço de fio de cobre ou arame maleável
- alicate
- tesoura
- Fita adesiva.
- Secador de cabelo

De posse desses materiais recorte um pedaço de papel alumínio e cole externamente ao frasco cobrindo 4/5 do mesmo. Utilize fita adesiva para esta tarefa, a cola escolar não adere de modo satisfatório e as colas "colam tudo" como super bonds deixam muita sujeira.

Lixe um pedaço de arame, este pedaço não pode tocar no interior da garrafa (pelo menos nesta montagem).

Depois passe o arame através da rolha, se esta não tiver o mesmo tamanho do bucal, você pode cortá-la com a faca e depois passar fita de vedação para que não ocorra vazamento. Caso a rolha tenha um tamanho menor, vc pode preencher o espaço com cola para PVC ou fita isolante.

Encha o frasco com água salgada e coloque a rolha com o arame transfixado, cuidado para o arame não tocar no fundo ou nas paredes do frasco.

Feito isso vc ainda não tem uma garrafa de Leiden, pois a ponta do arame acumula cargas e isto faz com que ela descarregue rapidamente. Esta é finalidade da esfera ou do anel de fio metálico, impedir um acúmulo de cargas na ponta do arame. Com um pedaço de fio desencapado, faça um anel na ponta do arame, com o auxílio de um alicate pegue a ponta restante do anel e amasse ou dobre eliminando assim a ponta do fio que excedeu a construção do anel. Se você não fizer isso a garrafa não irá funcionar.



Figura 5: Garrafa de Leiden construída com materias alternativos. Repare no anel

O tamanho do frasco é um limitador para o quantidade de carga que pode ser armazenada, podemos fazer uma garrafa com um frasco de maionese, porém não sei por qual motivo seu rendimento não é

tão bom quanto a garrafa feita com frasco de plástico. Acredito que talvez seja pela maior condensação que acontece com o frasco de vidro, isto gera umidade, que é o maior vilão para os experimentos de eletrostática.



Figura 6: Garrafa de Leiden construída com um frasco de vidro. Tem um rendimento baixo

Terminada sua construção, temos agora que arrumar meios de carregá-la.

Carregando a garrafa

O ideal para carregar a garrafa é utilizar um gerador de Van der Graaf, porém a confecção deste aparelho é um tanto complicada e sua aquisição junto a grupos que fazem experimentos de física não foi possível. Porém devemos pensar que os alunos não devem possuir um gerador no armário, assim é natural que deixemos de lado esta possibilidade.

Tentei diversos modos de eletrização por atrito, mas não obtive sucesso com nenhum. Seguindo os conselhos do Professor Luiz Feraz Neto utilizei como fonte de carga uma televisão.

No momento que ligamos ou desligamos a Tv percebe-se uma grande atividade eletrostática na superfície da sua tela. Assim basta passar o anel sobre a tela que sua garrafa estará carregada.

Outro método para carregar a garrafa é utilizando um aparelho chamado eletroforo de Volta.

Este método é interessante pois além de servir para carregar a garrafa podemos utilizá-lo para explicar a eletrização por indução, além de produzir algumas faíscas, caso o clima esteja bem seco.

O Eletroforo de Volta - Texto do site www.feiradeciencias.com.br

Denominamos máquinas eletrostáticas a todos os aparelhos capazes de fornecerem, de modo contínuo, quantidades notáveis de cargas elétricas sob alto potencial elétrico. Tais aparelhos sempre foram e serão atrações em Feiras de Ciências. Existem máquinas de bom porte como o gerador de Van De Graaff, o de Wimshurst, o de Kelvin etc. Entretanto, para trabalhos em laboratórios e demonstrações simples em sala de aula a mais recomendada delas é o Eletroforo de Volta.

- Material

Disco de alumínio ou madeira envernizada ou papelão com cerca de 25 cm de diâmetro; folha de papel alumínio gomada (tipo "Contact"), caso a opção anterior seja para o disco de madeira ou papelão; cabo isolante (20 cm de tubo plástico); folha espessa de plástico (para empacotamentos especiais, capas de arquivos, sacos de lixo etc.) e material para eletrização por atrito (pele artificial, suéter de lã, peruca, meia de seda etc.).

- Montagem

A descrição será feita a partir da opção — disco de papelão. Recorte um disco de papelão com diâmetro de 25 cm. Cubra uma de suas faces com papel alumínio (de preferência tipo "Contact" alumínio, que já vem com cola), deixando sobrar cerca de 5cm em todo o contorno. Esta sobra deve ser dobrada e colada na outra face (faça cortes nesta sobra para facilitar a dobra e a colagem). Toda essa tarefa será dispensada se o montador optou por disco de alumínio.

Nota: As folhas de papel alumínio auto-colantes, recobertas por fina camada de plástico em ambas as faces, não servem. Recorra ao papel alumínio dos rolos, para cozinhas.

No centro desse disco e do lado em que foi grudada a sobra do papel alumínio, fixe um cabo isolante (tubo ou bastão plástico) com cerca de 20 cm de comprimento. O tubo pode ser fixado com cola forte; o bastão, mediante parafuso de cabeça chata. Quando segurar o aparelho pelo cabo, verifique que sua mão fique distante da borda de papel alumínio; seus dedos não devem tocá-lo.

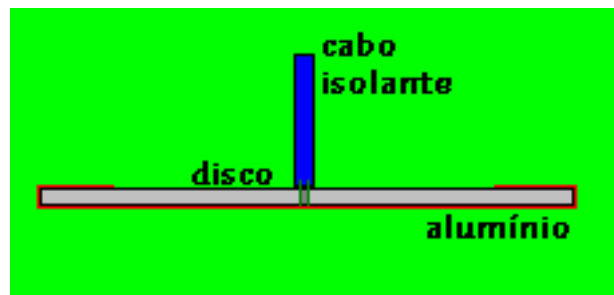


Figura 7: Esquema do Eletroforo de Volta

- Procedimento

O eletróforo de Volta funcionará bem em dias secos. Para testar a umidade relativa do ar, atrite a lâmina de plástico com a meia de lã e verifique se, chegando o braço perto dessa lâmina, os pêlos do braço ficam eriçados (levantados). Se isto não acontecer, aguarde um dia seco para refazer o experimento ou vá para um ambiente onde se tenha ar condicionado, que geralmente é bem seco. Para operar o eletróforo, coloque a folha de plástico sobre uma mesa e esfregue bem sua superfície com a pele, suéter ou peruca. Apóie o disco sobre o plástico, segurando-o pelo cabo isolante. Com o disco ainda sobre o plástico, toque o papel alumínio com seu dedo. Isto vai permitir a passagem de carga elétrica de seu corpo para o disco

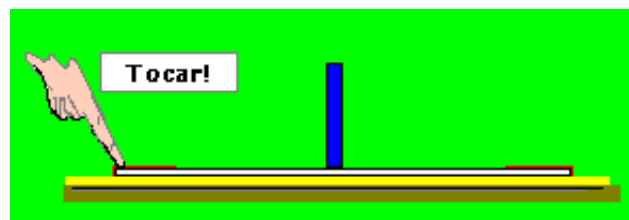


Figura 8: Indução: Cargas fluindo para o seu corpo, neste momento acontece a faísca

Agora, após retirar o dedo e segurando pelo cabo, afaste o disco do plástico. O disco estará carregado (eletrizado) e sua carga poderá ser utilizada para realizar vários experimentos tais como:

fazer piscar uma pequena lâmpada de néon (NE-2), produzir pequenas faíscas, mover a agulha de um eletrômetro, carregar uma garrafa de Leyden, fazer girar um torniquete elétrico, atrair a bolinha de um pêndulo eletrostático, curvar o fio de água que escorre de uma torneira, eletrizar outros corpos por contato, eletrizar outros corpos por indução, separar as folhas de um eletroscópio etc.

Após o uso do disco em algum experimento ele ficará descarregado. Para recarregá-lo basta colocá-lo novamente sobre a folha de plástico, tocar com dedo a borda de alumínio e retirar-lo de cima da folha. Não é necessário esfregar a folha de plástico com a pele ou suéter, pois ela não perdeu sua carga (a menos que o ambiente esteja úmido).



Figura 9: Eletroforo de Volta, feito com disco de papelão e um cotonete de carnaval

O problema da umidade

Em dias úmidos tanto o eletroforo de Volta quanto a garrafa de Leiden podem não funcionar, isto é algo que quem quer fazer experimentos de eletroestática tem que aceitar.

Você pode minimizar a ação da umidade utilizando um secador de cabelo, assim antes dos experimentos você deve passar por precaução o secador tanto na garrafa quanto no eletroforo.

Caso isto não adiante, guarde o equipamento para outro dia.

Comentários Finais

Acredito que a finalidade da disciplina foi cumprida, criar experimentos que expliquem a teoria aprendida em sala de aula.

O êxito fica maior pelo fato já mencionado de que o aparelho pode ser construído com um custo baixíssimo em um curto espaço de tempo.

O eletroforo de Volta foi uma surpresa agradável que surgiu durante esta jornada de três meses. Assim o projeto pode servir para explicar além do acúmulo de cargas e a relação de alta voltagem, o processo de indução, que na minha opinião é algo de difícil assimilação por parte dos alunos.

Como já dou aula em colégios e cursinhos, testei a garrafa com alguns alunos. Todos ficaram surpresos quando viram a faísca saindo do anel e bravos quando tomaram o choque, mas no fim isso levantou uma série de perguntas, algumas eu nem sabia responder, porém acho que a classe compreendeu melhor o conceito de capacitância e entendeu muito bem o por que um capacitor descarrega muito rápido.

Comentários dos coordenador

Os comentários do coordenador se resumiram a aprovação do projeto, qualquer outra melhora não

foi mencionada devido ao meu grande atraso na entrega do relatório parcial.

Referências

- [1] G.R.E.F, Grupo de Reestruturação do Ensino De Física, vol 3 - Eletromagnetismo.
- [2] Halliday, Fundamentos da Eletricidade, vol 3 - capítulo 26
- [3] Tipler, Física Básica - vol 3
- [4] Feira de Ciências, www.feiradeciencias.com.br.