

MONTAGEM DE UM ELETROSCÓPIO PARA FINS DIDÁTICOS.

Rafael Blangis: 002345
Orientador: Edson Correa da Silva

Instituto de Física Gleb Wataghin

Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, SP, Brasil.

Resumo

Neste trabalho realizamos um estudo introdutório da eletrostática sua historia e importância nos dias atuais, tanto para o desenvolvimento científico possibilitando assim um avanço tecnológico e industrial, por exemplo, o desenvolvimento de dispositivos semicondutores como os transistores, quanto no âmbito educacional, possibilitando um melhor entendimento dos conceitos físicos por trás do experimento.

Para isso vamos montar um eletroscópio eletrônico detalhando os princípios de operação, seus componentes e sua construção.

Abstract

In this work we in such a way carry through an introductory study of electrostatics, its history and importance in the current days for the scientific development thus making possible a technological and industrial advance, for example, the development of semiconductor devices as transistors, and in the educational scope making possible one better agreement of the physical concepts for backwards of the experiment as well.

For this we go to mount an electronic electroscopes detailing the operation principles, its components and its construction.

1-Introdução.

Qualquer corpo material é composto de uma quantidade muito grande de átomos e, por consequência, por um número indeterminado de partículas subatômicas denominadas de prótons, elétrons e nêutrons. Em virtude dessas partículas a matéria normalmente apresenta-se eletricamente carregada, embora, numa escala macroscópica, isso não seja, na maioria das vezes, facilmente percebido.

Na perda ou aquisição de cargas um átomo ou molécula em situação de neutralidade, isto é, quando o número de prótons é igual ao número de elétrons, pode tornar-se um íon positivo ou negativo dependendo da quantidade de prótons ou de elétrons que passa a possuir em excesso.

Como a responsabilidade disso fica a cargo dos elétrons, uma vez que são eles que podem se locomover de um átomo para outro, um corpo só fica eletrizado se ganhar ou

perder elétrons. A carga elétrica do corpo como um todo relaciona-se ao excesso de elétrons, quando carregado negativamente, ou ao excesso de prótons, quando carregado positivamente. O ramo da Física que estuda as propriedades e a ação mútua das cargas elétricas em repouso em relação a um sistema inercial de referência é a eletrostática.

Fenômenos referentes à eletrostática remontam à Grécia Antiga. O filósofo grego Tales de Mileto (540-546 a. C) já tinha observado que ao atritar um pedaço de âmbar, esse atraía pequenos objetos tais como palhas e penas. Quando corpos se atraem ou se repelem, pelo fato de terem sido atritados, dizemos que possuem cargas elétricas ou que estão eletrizados (1).

Para verificar a existência de cargas elétricas podemos utilizar vários métodos, tais como atritar dois bastões em pedaços de seda e verificar a repulsão dos mesmos, ou atritar um bastão de vidro e aproximarmos de pequenos pedaços de papel, verificando que eles grudam no bastão. Os métodos descritos acima indicam a presença de cargas elétricas nos corpos, mas, existem outros métodos mais precisos de identificação. Aparelhos utilizados para verificar se um corpo está ou não eletrizado são chamados eletroscópios. Podemos citar um eletroscópio muito simples que é o pêndulo elétrico e outro tipo que é o eletroscópio de folhas. Existem também aparelhos eletrônicos muito sensíveis que podem detectar a quantidade de carga presente no material. Estes dispositivos são conhecidos como eletrômetros, entre eles podemos citar, como exemplos, os de peruca e o de quadrante. Com o avanço científico e o desenvolvimento dos materiais semicondutores pode-se construir eletroscópios e eletrômetros muito sensíveis e precisos.

2- Motivação

Neste trabalho montaremos um eletroscópio de alta sensibilidade, aparelho esse que vai ser utilizado para detectar a presença de cargas tanto negativas quanto positivas presentes nos corpos eletrificados utilizando para isso um transistor de efeito de campo (FET) como sensor de carga.

Com a montagem deste aparelho, pretendemos auxiliar alunos de ensino médio, e também de nível superior, no entendimento dos conceitos da eletrostática básica. É fato que os alunos tem muita dificuldade no aprendizado da Física e, com a prática experimental, pretendemos auxiliá-los no desenvolvimento do conceito e não apenas na repetição de conteúdos memorizados.

3- Conhecendo os Eletroscópios.

3.1 Um pouco sobre a história da eletrostática e aplicações

Os experimentos eletrostáticos estão entre os mais utilizados em museus de ciências e demonstrações em salas de aulas, possuem aparência simples e trazem junto de si grande quantidade de conceitos a serem estudados. Os efeitos fantásticos relacionados à indução eletrostática, que podem ser demonstrados com o auxílio do eletroscópio, são de uma fonte inesgotável de questionamentos a serem debatidos com os estudantes (Spenser, 1958).

A maior parte dos instrumentos de medidas da eletricidade foi desenvolvida após 1770. Destacavam-se as balanças, os eletroscópios e os eletrômetros. Para que possamos diferenciar os eletroscópios dos eletrômetros definiremos os eletroscópios como aparelhos

que detectavam a presença de carga elétrica, e os eletrômetros seriam eletroscópios graduados.

Os principais motivos propulsores do desenvolvimento dos eletroscópios foram as investigações da eletricidade. Após a época de Gilbert (1544-1603), a eletricidade havia sido produzida apenas pelo atrito de pedaços de âmbar. Ainda no século XVII foi criado um novo método de eletrizar os corpos, foram criadas as máquinas eletrostáticas. Elas são geradores mecânicos de eletricidade em alta tensão. As máquinas de atrito foram as primeiras formas desenvolvidas para a geração de eletricidade em quantidade significativa e praticamente toda a pesquisa inicial sobre a eletricidade, nos séculos XVII e XVIII.

Faremos, então, uma retrospectiva do desenvolvimento histórico destas máquinas e junto a este o desenvolvimento do conceito envolvido.

O mais antigo eletroscópio foi o “Versorium”, de Gilbert, que consistia de uma agulha montada num pivô.

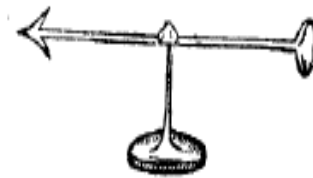


Figura 1- “Versorium” de Gilbert

A agulha do Versorium era feita inicialmente de um metal não magnetizado equilibrado em um pivô colocado no ponto central da mesma. Ele permitiu a Gilbert a realização de estudos muito mais sensíveis comparados com seus antecessores.

Guericke ainda no século XVII e Stephen Gray, já no século XVIII, utilizaram penas de aves para indicar as eletrizações.

Haukbee, em 1705, criou um método rudimentar que consistia na utilização de vários pedaços de linhas suspensas lado a lado na extremidade de uma barra cilíndrica de vidro de tal modo que as linhas ficavam penduradas para baixo com suas extremidades afastadas, aproximadamente, uma polegada do vidro. Quando o vidro era eletrizado por atrito as linhas reordenavam-se passando todas a apontar radialmente em direção ao mesmo. Stephen Gray utilizou, já na década de 1740, um único par de linhas de seda ou um par de penas, para avaliar, através da divergência angular entre elas, as intensidades das eletrizações produzidas. O conhecido eletroscópio pendular de bolinha de sabugueiro tem, portanto, sua origem nas linhas de Hauksbee em seus tubos e globos de vidro.

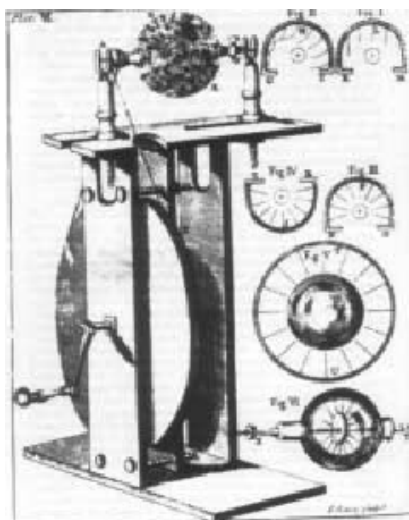


Figura 2 - Máquina de Hauksbee

Mas para Gray ainda não parecia claro o que estava sendo medido com a deflexão angular entre as linhas de seda. Depois de estudos ele chegou à conclusão que a eletricidade não parecia preencher todo o corpo dos “não elétricos” (condutores), então tomando dois cubos de carvalho de mesmas medidas, sendo uns cheios e outros ocos, carregados da mesma maneira, eles causavam deflexões idênticas nas linhas de seda. Olhando através de uma ótica mais recente, Gray estava diante do que poderia ser interpretado atualmente como uma evidência de que os potenciais eletrostáticos dos dois cubos eram idênticos e de que, em última instância, a informação fornecida pela deflexão das linhas pode, efetivamente, ser associado ao potencial. Entretanto, isto não foi observado por Gray.

Du Fay, na mesma época, utilizou o mesmo esquema de linhas indicadora de Gray nos seus experimentos, e isso o levou a formular idéias de dois tipos diferentes de fluidos elétricos.

Benjamin Franklin, por outro lado, em seus estudos, adotaria um sistema semelhante ao de Gray, porém, diferentemente de Du Fay, ele formulou um modelo formado por um único fluido elétrico.

Na França Le Roy se destacou na construção de uma máquina de atrito que era formada por um disco de vidro montado em um eixo isolante, atritado em um lado por uma dupla almofada de couro, com abas isolantes, e com coletores de carga na forma de anéis com pontas voltadas para o disco do outro lado. Tensões positivas são coletadas nos coletores de carga, e negativas nas almofadas isoladas. Esta máquina procurava gerar as mais altas tensões possíveis, afastando tanto quanto possível as almofadas de atrito do coletor de carga.

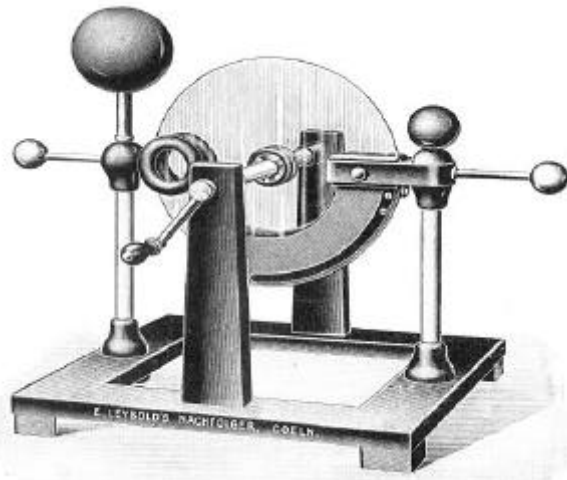


Figura 3- Máquina de Le Roy ou de Winter

O assistente de Du Fay, o abade Nollet, adotou um sistema muito semelhante ao de Gray, que consistia em dois fios suspensos a partir de um mesmo ponto e que formavam entre si um determinado ângulo ao serem carregados. Acrescentando uma escala circular e um sistema ótico de projeção, produziu-se, assim, o primeiro eletrômetro do qual se tem idéia.

Beccaria repetiu o experimento da pipa, realizado anteriormente por Franklin, inventando, em conexão, um novo instrumento de medida. Seu aparelho consistia em dois fios pontiagudos, um deles ligado à extremidade inferior de um alto condutor metálico mantido na vertical, enquanto o outro era aterrado ao chão. No espaçamento entre as extremidades pontiagudas dos fios eram produzidas centelhas. Neste espaço eram colocados tiras de papel movidas por um mecanismo de relógio. Assim eram obtidas as distâncias entre os furos tal como a frequência dos mesmos. Era então possível um registro gráfico da atmosfera elétrica.

No ano de 1770 em Londres, Tibério Cavallo construiu um eletroscópio de fios de prata pendurado em uma haste metálica, adicionando bolinhas de sabugueiro nos seus terminais e encerrando o conjunto num vaso de vidro com finas folhas metálicas envolvendo as paredes. Em 1772 Willian Henty criou o eletrômetro de quadrante que foi largamente utilizado na época.

Em 1787 Abraham Bennet criaria duas grandes invenções, uma delas seria o eletroscópio de folhas de ouro, e a outra o duplicador elétrico. A idéia original era usar o duplicador para medir pequenas quantidades de carga, mas logo se observou que as cargas não colocadas propositalmente, mas presentes em toda parte, eram ampliadas (Cavallo, 1788).

Este duplicador foi inspirado em um aparelho criado por Volta em 1775: o “eletróforo”. Era utilizado para produzir grandes eletrizações acumuladas, em Garrafas de Leyden . Essas garrafas foram criadas por Musschenbroek e, em Leyden, eram capacitores de alta tensão formados por garrafas revestidas por placas metálicas interna e externamente, formando os terminais do capacitor.



Figura 4- Garrafas de Leyden

No final do século XVIII vários outros eletroscópios e eletrômetros foram desenvolvidos.

Chegando ao final do nosso estudo histórico encontramos o estudioso Wommelsdorf (1902-1920). Ele possuía um dispositivo rotativo com uma serie de botões metálicos colados, que tocavam escovas metálicas na barra neutralizadora e nos contatos que carregavam os indutores, que permitiam a auto-excitação da máquina.

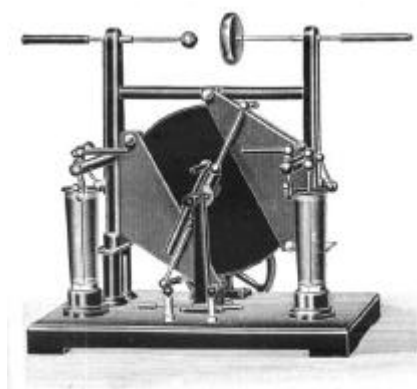


Figura 5 - Máquina Wommelsdorf.

Possuía ainda indutores finos dos dois lados do disco rotativo para maior excitação.

Existiu também a máquina de Wehrsen (1907) que pode ser vista na foto abaixo.

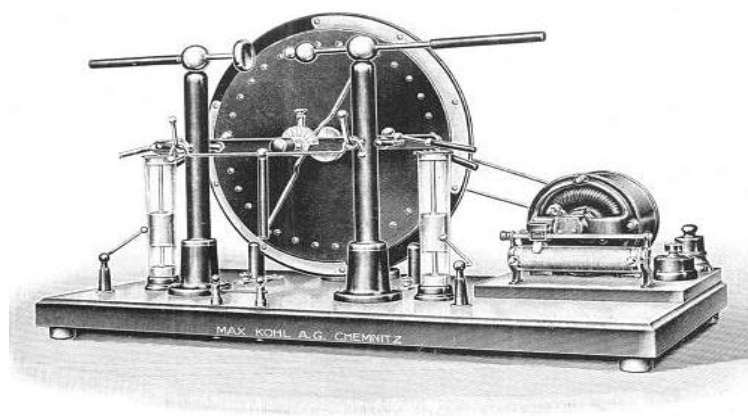


Figura 6- Máquina de Wehrsen

A era das máquinas eletrostáticas de discos chegou ao fim, ao menos para objetivos práticos, com o desenvolvimento do gerador de Van de Graaff, primeiramente descrito em 1931. Consiste basicamente de uma correia isolante que transporta cargas até o interior de um terminal esférico, onde a carga é extraída e se move para a superfície exterior do terminal.

O carregamento da máquina é feito na sua base por um sistema que provoca uma descarga corona de pontas para a superfície da correia que sobe.

Isso pode ser feito utilizando uma fonte eletrônica de alta tensão ligada entre as pontas e a polia inferior da correia, com um dos lados aterrados ou usando o atrito de rolamento entre a correia e uma polia de material também isolante, diferente do material da correia, com o pente de pontas aterrado.



Figura 7- Gerador de Van Der Graaff

Existem outros geradores de Van der Graaff modernos como o “Pelletron” e o “Laddertron”. Eles usam cadeia de portadores metálicos isolados entre si em vez de uma correia continua.

Os geradores elétricos de Felici funcionam no mesmo princípio, mas usando um cilindro rotativo.

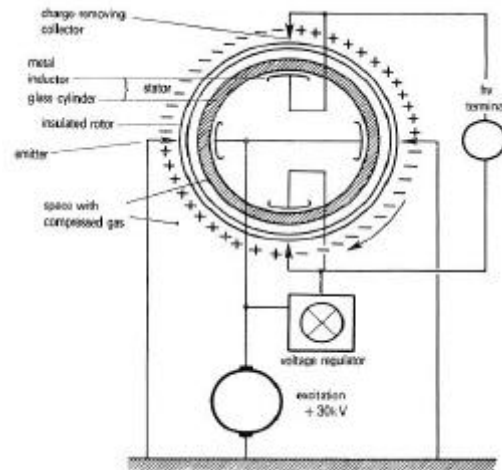


Figura 8 - Gerador de Felici

Nos dias atuais a eletrostática tem importância vital em aplicações industriais, tais como a pintura eletrostática, os precipitadores de cinza em suspensão, impressoras e copiadoras eletrostáticas.

4- Arquitetura do Sistema

O eletroscópio eletrônico, o qual vamos construir, é constituído de um transistor de efeito de campo (2N3819), um transistor comum (BC337), um LED, um resistor de 2200 Ohms outro de 220 Ohms, duas pilhas de 1,5 volt cada uma, uma antena de mais ou menos 10 cm de comprimento e uma chave para abrir e fechar o circuito. Ele obedecerá ao circuito apresentado abaixo.

Vamos estudar os principais componentes eletrônicos deste aparelho para melhor entender o seu funcionamento.

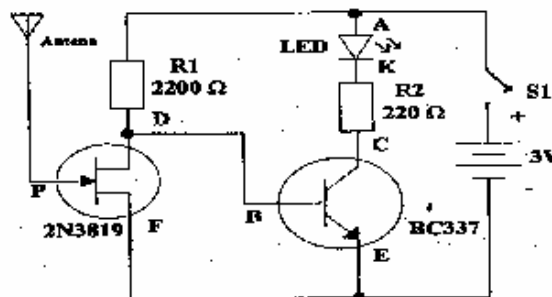


Figura 9 – Figura retratando o circuito do eletroscópio

Serão estudados os funcionamentos do LED (Diodo Emissor de Luz), do transistor de efeito de campo (FET) e da antena.

5- Detalhamento do material.

5.1- Transistores-Conceitos

5.1. I Semicondutores

Para que possamos entender o funcionamento de nosso eletroscópio teremos que fazer um pequeno estudo introdutório das características dos semicondutores, seu funcionamento e importância. .

As propriedades elétricas desses dispositivos são descritas pelas características tensão-corrente. As características tensão-corrente dependem basicamente dos movimentos dos elétrons livres nestes dispositivos.

Nos semicondutores a banda preenchida mais elevada é a chamada *banda de valência*, porque os elétrons que a ocupam são os elétrons de valência dos átomos isolados.

Os semicondutores têm importância vital para o funcionamento de componentes eletrônicos como os transistores, diodos, triodos etc, dependendo assim diretamente dos movimentos dos elétrons livres nestes dispositivos.

5.1. II-Bandas de energia.

O modelo de bandas de energia de um semicondutor tem um estreito intervalo de energia proibida, a banda de valência é completamente preenchida pelos elétrons e, a de condução, completamente vazia.

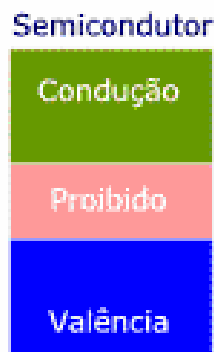


Figura 10- Banda de Valência do Semicondutor.

Uns poucos elétrons podem, através desse intervalo, ser promovidos da banda de valência para a de condução em virtude da energia térmica do cristal à temperatura ambiente.

Os elétrons promovidos podem conduzir eletricidade.

5.1. III-Elétrons e Buracos.

Por aumento da temperatura é possível ocorrer à transição de alguns elétrons da banda de valência para a de condução, tornando o material ligeiramente condutor ou semiconductor. Os elétrons que abandonam a banda de valência deixam nesta uma lacuna ou buraco, que corresponde a uma carga positiva. Quando outro elétron ocupar este nível, isso corresponde a uma deslocação da carga positiva. Um semiconductor puro, com as características indicadas, chama-se semiconductor intrínseco. Existem semicondutores chamados extrínsecos, que resultam de semicondutores intrínsecos dopados com átomos de outras substâncias (chamadas impurezas), que alteram o seu comportamento elétrico e são a base dos componentes eletrônicos semicondutores.

5.1. IV-Dopagem.

As propriedades elétricas de um semiconductor são drasticamente alteradas quando átomos estranhos ou impurezas são incorporados ao cristal.

Os átomos das impurezas doam os elétrons para a banda de condução, sendo por isso chamados de impurezas doadoras. Existe um elétron nessa banda para cada átomo doador no cristal; observe que não há uma quantidade equivalente de buracos na banda de valência. O cristal conduz eletricidade, sobretudo em virtude dos elétrons existentes na banda de condução, sendo assim denominado semiconductor tipo n (devido à carga negativa dos portadores de corrente). Quando os elétrons do átomo do cristal doam elétrons para a impureza, diz-se que a impureza é aceitadora. Os aceitadores criam buracos na banda de valência no cristal e produz um semiconductor tipo p, devido à carga positiva efetiva de cada buraco. Observamos que existem poucos buracos na banda de valência de um cristal tipo n. Esses buracos são chamados portadores minoritários, e os elétrons de majoritários, em virtude de suas concentrações relativas. Da mesma forma os buracos são portadores majoritários nos semicondutores tipo p, enquanto os elétrons na banda de condução são minoritários.

O processo pelo qual introduzimos impurezas em um semiconductor para alterar a concentração de portadores majoritários é chamado de dopagem.

5.1.V-Junção pn

A junção entre uma região tipo p e uma tipo n no mesmo cristal semiconductor, que é uma estrutura básica dos transistores os quais pretendemos estudar, é denominada junção pn.

Os elétrons da região n tendem a se difundir para a região p através da junção, em equilíbrio, isto sendo compensado por um fluxo idêntico de elétrons no sentido inverso. No entanto, a concentração de elétrons é muito maior no material n, e a corrente elétrica originária desta região seria maior, se não fosse uma elevação do potencial na junção que a reduz. Argumento idêntico se aplica a correntes que se deslocam através da junção. Quando a junção pn está em equilíbrio a corrente resultante de elétrons que se difundem do lado n é igual à corrente ocasionada pelos elétrons que deixam o lado p.

Supomos agora que um potencial externo seja aplicado à junção, de modo a aumentar a barreira interna.

O número de elétrons que se difundem através da junção é muito reduzido uma vez que poucos elétrons têm energia suficiente para vencer a barreira de potencial maior. Por outro lado, a quantidade que se move do lado p para o lado n não é afetada porque estes não encontram barreira.

Assim, existe uma corrente líquida, mas esta é limitada pelo pequeno número de elétrons na região p. Se a polaridade do potencial externo for invertida, a barreira será reduzida e a corrente que se difunde do lado n para o p será grande, em virtude da quantidade de elétrons na região n ser muito elevada.

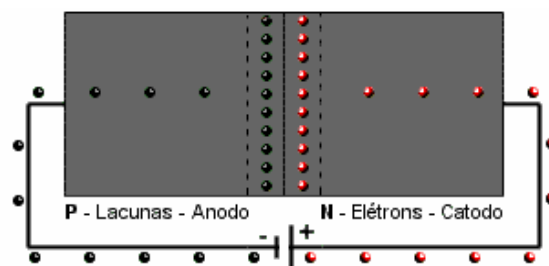


Figura 12- Polarização Inversa

Mais uma vez a corrente elétrica ocasionada pelos elétrons que deixam o lado p para o lado n permanecerá inalterada. A corrente líquida, neste caso, será grande e corresponderá ao sentido direto.

5.1.VI-Injeção de portadores minoritários.

A barreira de potencial interna em uma junção pn é reduzida quando a junção é polarizada diretamente. A corrente direta é consequência de buracos originários do lado tipo p e de elétrons do lado tipo n se difundindo através da junção.

O resultado é que são injetados buracos na região n e elétrons na p, onde, em cada caso, são portadores minoritários. Se a região n for fracamente dopada e a região p fortemente, a corrente direta será devida, sobretudo aos buracos e, em consequência, uma grande concentração de buracos em excesso será injetada na região n. Invertendo-se a dopagem a situação contrária será verdadeira, ou seja, elétrons serão injetados na região p. Os buracos injetados se difundem afastando-se da junção em virtude do gradiente de concentração. À medida que se difundem recombinam-se com portadores majoritários (elétrons) de modo que, longe da junção, a concentração de buracos é a característica do semiconductor tipo n em equilíbrio.

5.1.VII-Transistores de Efeito de campo (FET- field- effect transistor)

Fizemos acima um estudo inicial dos princípios básico dos semicondutores. A pesquisa que levou à descoberta do transistor buscava um substituto para as válvulas eletrônicas. Ele é mais eficiente, mais barato, menor e gasta muito menos energia do que sua antecessora. A função do transistor é controlar a corrente que flui através do

dispositivo, a partir do terminal D (Dreno) para o terminal S (Fonte), variando o potencial do terminal G (Porta).

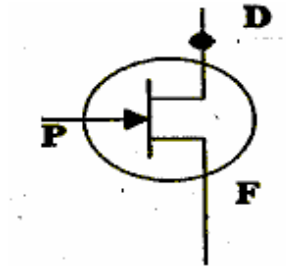


Figura 13- Figura Representando um FET

Com base nestes conhecimentos vamos agora começar o nosso estudo dos transistores, em particular o transistor de efeito de campo ou FET (Abreviatura do inglês – Field-Effect Transistor), no qual o fluxo de portadores majoritários é controlado por tensões de sinal aplicadas a uma junção pn polarizada reversamente.

Consideremos a barra semicondutora tipo n que possui um contato ôhmico, a fonte, em uma extremidade, e um contato similar, o dreno, na outra. Os elétrons que se movem da fonte para o dreno, em virtude da tensão de dreno, passam através de um canal entre duas regiões p. Esta junção pn é denominada porta, porque sua largura quando polarizada reversamente determina a largura do canal e, conseqüência, a amplitude da corrente da fonte para o dreno.

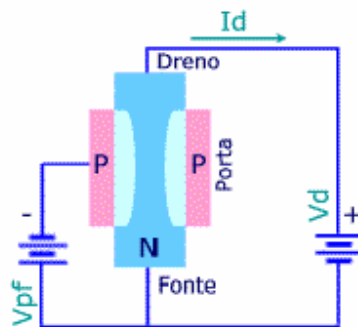


Figura 14 - FET Polarizado Reversamente.

O FET é, de fato, um transistor controlado pelos campos magnéticos associados às junções pn. Pouca potência é despendida pelo sinal em virtude da pequena corrente reversa na junção. A descrição acima corresponde às características de um FET de canal n, o qual vamos utilizar em nosso experimento.

6- LED

O LED é um diodo que emite luz visível quando energizado devido ao fato de que em qualquer junção pn diretamente polarizada há, diretamente dentro da estrutura e próximo à junção, uma recombinação de lacunas e elétrons. Essa recombinação exige que a energia possuída pelo elétron livre seja transferida para um outro estado. Em todas as junções pn semicondutoras uma parte desta energia será emitida na forma de calor e também uma parte na forma de fótons.

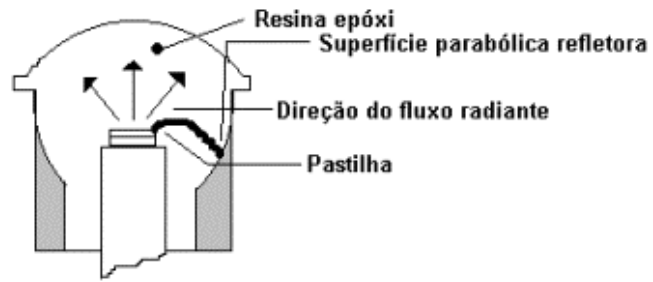


Figura 15- LED

O processo de emissão de luz por aplicação de uma fonte elétrica de energia é chamado eletroluminescência. LEDs são encontrados nas cores vermelho, verde, amarelo, laranja ou branco.



Figura 16 – Simbologia do LED

Em geral, operam com níveis de tensão de 1,7 a 3,3V, com potências de 10 a 150mW e tempo de vida de 100.000 horas ou mais.

7-ANTENA

As antenas são dispositivos destinados a transmitir ou receber sinais. Quando ligadas a um transmissor (de rádio, TV, radar, etc.) convertem os sinais elétricos em ondas eletromagnéticas.



Figura 17- Antena Recebendo Sinal.

Quando ligadas a um receptor captam essas ondas e as convertem em sinais elétricos, que são amplificados e decodificados pelo aparelho receptor (de rádio, televisão, radar, etc).

9-MONTAGEM DO APARELHO

Foram reunidas todas as peças componentes do aparelho presentes no circuito da figura 9.



Figura 18- Material utilizado na construção do circuito.

O primeiro procedimento a ser feito foi descobrir quais eram as saídas dos transistores. Isto foi feito utilizando um guia de eletrônica que nos fornecia o nome das saídas do FET e do transistor BC337. Foi necessário também identificar quais saídas eram o catodo e o anodo do LED.

O próximo passo será conectar os componentes e isto será feito soldando as partes na placa padrão. A porta do FET foi soldada à antena.

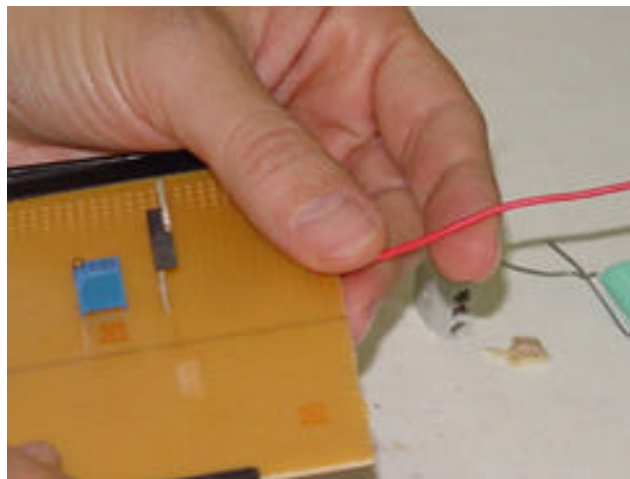


Figura 19- Soldagem da antena.

A saída do dreno foi soldada ao resistor de 2200 Ω , e este foi soldado ao catodo do LED. A saída da fonte foi soldada à saída E do transistor BC337 e ao pólo negativo de

tensão de três volts. A saída B do transistor BC 337 foi soldada ao resistor de 270 Ω e este resistor soldado ao anodo do LED.



Figura 20- Soldagem do Anodo ao Resistor de 270 Ω m

A saída C do transistor BC337 foi soldada ao dreno do transistor FET. O pólo positivo da tensão de três volts foi conectado à chave que liga o circuito e esta chave fecha o circuito conectando-se ao catodo do LED.

Com esta última soldagem nos fixaremos à placa na base de um controle remoto de portão eletrônico. As pilhas que darão as tensões necessárias foram fixadas ao controle através de um suporte de carrinho eletrônico.

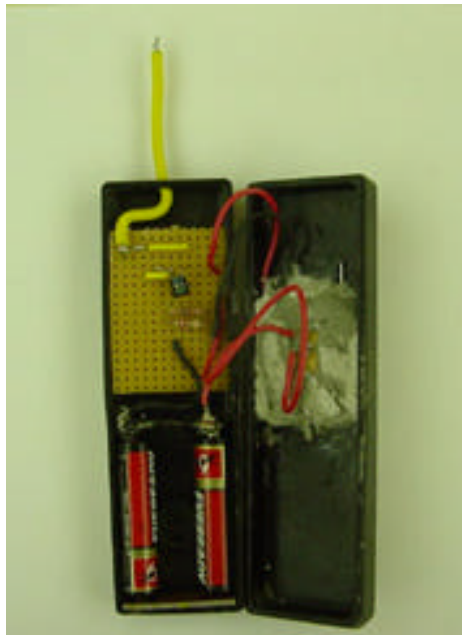


Figura 22- Protótipo Montado

A junção da porta é inversamente polarizada, o que resulta em corrente quase nula pela mesma, mas o campo elétrico forma um *canal* na barra que controla a passagem dos portadores. Assim, a tensão aplicada na porta controla a corrente entre fonte e dreno.

Como a porta é polarizada inversamente a sua resistência de entrada é bastante alta.

10-DETECÇÃO DE CARGAS

Para a detecção das cargas negativas vamos primeiramente atritar um bastão de vidro em um pedaço de lã. Os corpos estão inicialmente neutros, o atrito é o agente que causa a passagem dos elétrons de um corpo para outro. Aquele que recebe elétrons fica com excesso destes e, portanto, eletrizado negativamente e o outro, que cedeu, passa a acusar um excesso de prótons, ficando eletrizado positivamente.

10.1- CARGAS NEGATIVAS

O funcionamento do eletroscópio é bastante simples. Quando aproximamos o corpo eletrificado negativamente para perto da antena do eletroscópio, o sinal gerado pelas cargas é captado pela antena levando o mesmo para a porta do transistor. Isto faz com que o FET entre em estado de corte e o transistor BC337 entre em estado de condução fazendo que uma corrente flua pelo LED (Diodo Emissor de Luz) acendendo o mesmo. Isso nos indicará a presença de cargas negativas no corpo.

10.2 – CARGAS POSITIVAS

Ao aproximarmos o aparelho do corpo eletrizado positivamente o sinal não será mais captado pela antena fazendo com que o FET entre em estado de condução e o transistor BC337 em estado de corte. Isso faz com que a corrente que passa pelo LED cesse apagando a lâmpada.

11-A IMPORTÂNCIA DO EXPERIMENTO PARA UM MELHOR APRENDIZADO

Trabalhos recentes têm evidenciado que atividades experimentais com eletroscópios e eletrômetros podem contribuir decisivamente para que os estudantes explorem de forma construtiva os conceitos de indução eletrostática (Stewart & Gallai, 1998).

O desenvolvimento de estratégias de ensino, convenientemente relacionadas às demonstrações com eletroscópios em sala de aula, pode, por outro lado, propiciar a discussão de idéias sobre a própria natureza da observação, colocando as descobertas nos seus contextos históricos respectivos e auxiliando a relacionar o conhecimento científico com as suas aplicações práticas (Engelmann, 1983).

12-CONCLUSÃO

Ao montar um aparelho capaz de detectar a presença de cargas no meio, pretendi explicar fenômenos eletrostáticos de forma interessante e ao mesmo tempo estimular o desenvolvimento da prática da pesquisa pelo aluno e com isso o aprendizado do conceito físico por trás do aparelho.

13-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Wataghin Gleb-Eletromagnetismo e Ótica - Editora Unicamp
2. Brophy James-Eletrônica Básica para Cientistas –Editora Guanabara.
3. Halliday David, Resnick Robert-Física 3- Editora LTC 3ª Edição.
4. Halliday David, Resnick Robert-Física 4- Editora LTC 2ª Edição.
5. Junior, Francisco Ramalho-Santos, José Ivan Cardoso dos-Ferraro, Nicolau Gilberto-Soares, Paulo Antonio de Toledo-Os Fundamentos. da Física 3- Eletricidade- Editora Moderna -3a edição
6. Pauli, Ronald Ulysses-Mauad, Farid Cardoso-Heilmann, Hans Peter-Física 4- Eletricidade, Magnetismo, Física moderna, Analise. Dimensional-Editora EPU –
7. Cipelli, Engo Antonio Marco Vicari- Sandrini, Engo Waldir João- Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos.Editora Érica – 13a Edição.
8. A History of the Theories of Aether and Electricity: The Classical Theories, de Edmund Whittaker, Thomas Nelson and Sons Ltd., 1951.

Sites:

http://www.sparkmuseum.com/BOOK_GRAY.HTM

<http://www.coe.ufrj.br/~acmq/eletrostatica.html>

<http://www.sparkmuseum.com/ELECTROSCOPE.HTM>

ANEXOS

ANEXO 1 – FOTOS DA MONTAGEM DO APARELHO.

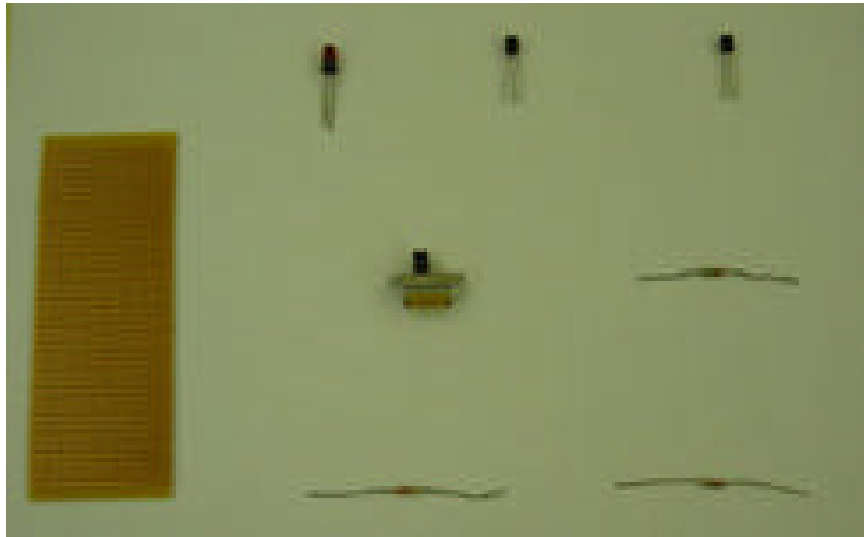


Figura 23 Material Utilizado.



Figura 24 LED



Figura 25 Chave Abre/ Fecha

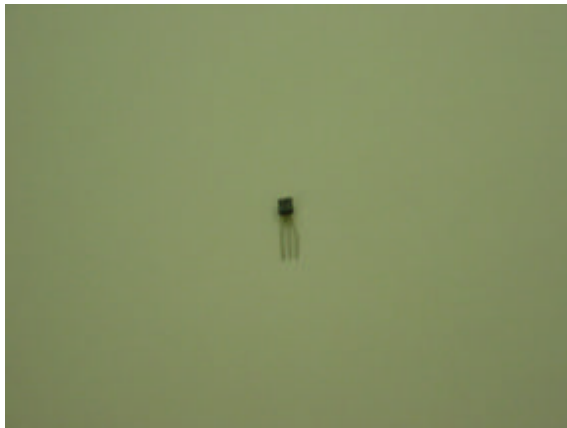


Figura 26 FET 2N3819

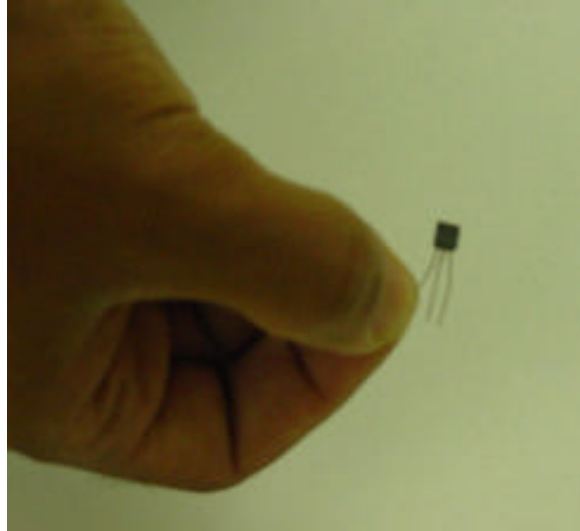


Figura 27 Transistor BC337



Figura 28 Resistor de 220 Ohm



Figura 29 Resistor de 2200 Ohm



Figura 30 Placa Padrão

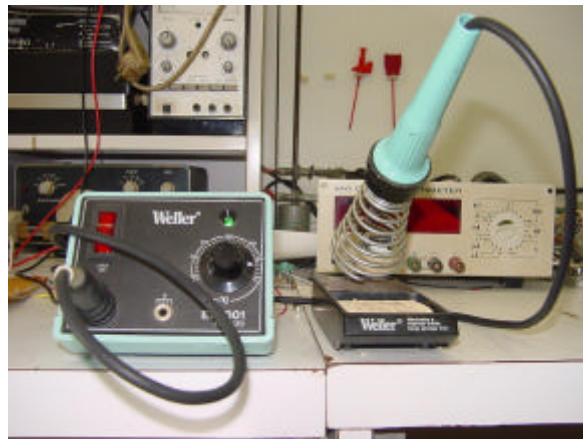


Figura 31 Soldador.

ANEXO 2 – FOTOS HISTORICAS DE ELETROSCÓPIOS.

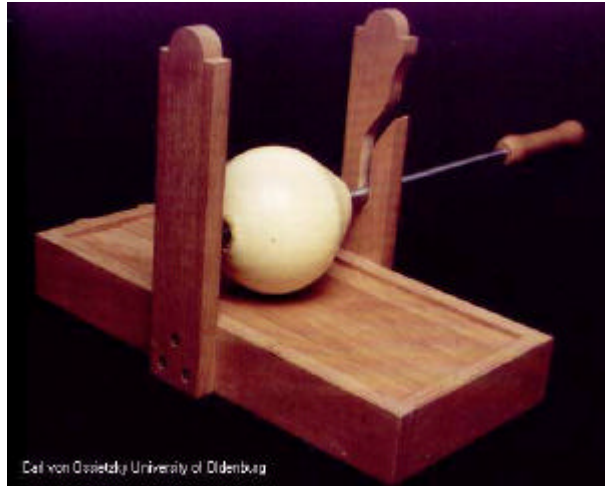


Figura 32 Maquina de Otto Von Guericke

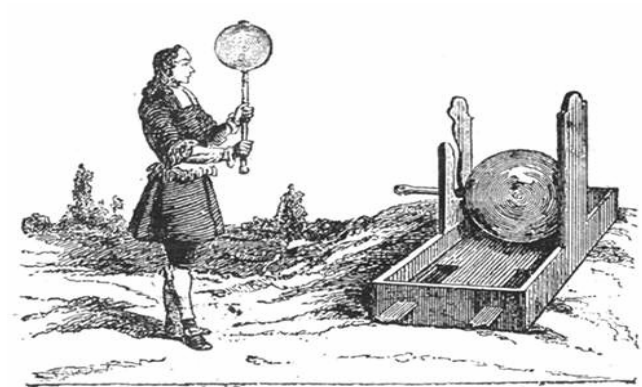


Figura 33 Utilização da maquina de Guericke

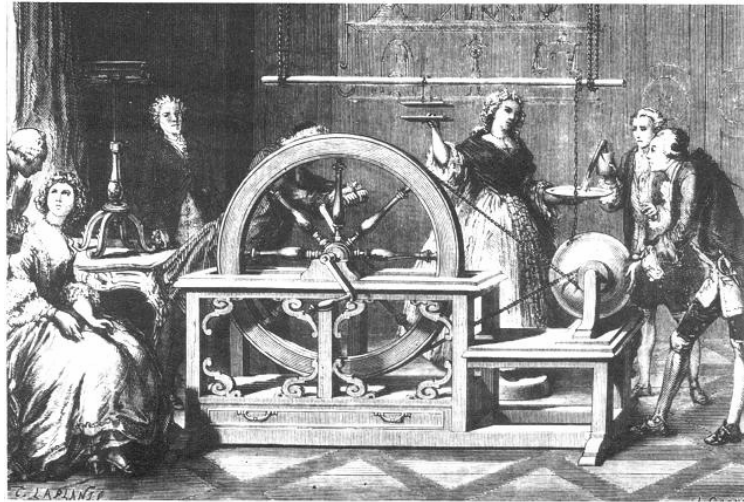


Figura 34 Utilização da Maquina de Hauksbee

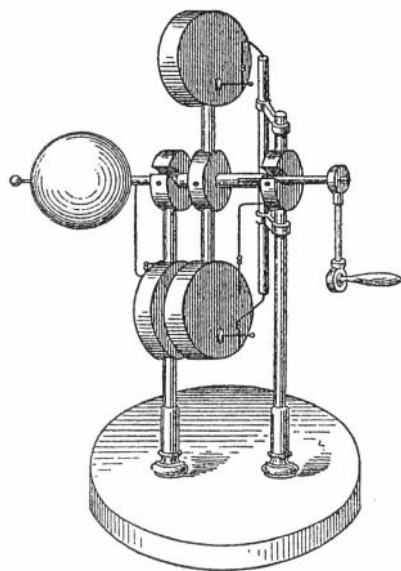


Figura 35 Maquina de Bohnenberger

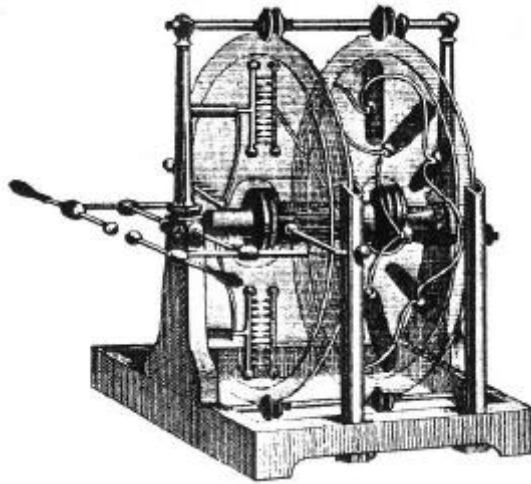


Figura 36 Maquina de Schvedoff