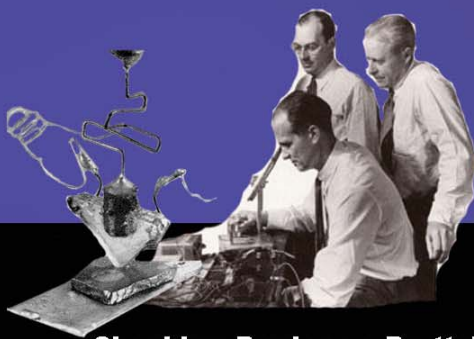


Luiz Antonio de O. Nunes

Alessandra Riposati

Física em Casa



**Shockley, Bardeen e Brattain
(1947)**



**Jack Kilby
(1958)**



**Apple Computer Co.
(1980)**

FICHA TÉCNICA

Universidade de São Paulo
Instituto de Física de São Carlos

Autores:

Luiz Antônio de Oliveira Nunes
Alessandra Riposati Arantes

Colaboradores Acadêmicos:

Tito J. Bonagamba
Gláucia G.G.Costa

Apoio Técnico:

Josimar Luiz Sartori

Editoração:

Renata Siqueira



Este trabalho foi desenvolvido no programa de mestrado do Instituto de Física de São Carlos pela Alessandra Riposati Arantes com a orientação do professor Luiz Antônio de Oliveira Nunes.

Caro Leitor

O objetivo deste trabalho é fornecer um material que estimule você, leitor, a conhecer os fascínios da eletricidade. Apresentamos com naturalidade, por intermédio de experimentos simples, inseridos em uma narrativa ficcional, conceitos complexos de Física e, sempre que possível associamos este conhecimento ao cotidiano .

Esse material é recomendado tanto para leigos quanto para profissionais da área, a leitura do mesmo não faculta a utilização de um bom livro didático.

O conteúdo do livro é apresentado por meio de questionamentos que os personagens fazem entre si e quando não conseguem resolvê-los procuram um site que conduz toda a história.

Os experimentos propostos utilizam materiais de baixo custo e foram rigorosamente testados. Para um melhor aproveitamento é recomendado que as atividades sejam efetuadas na ordem que são sugeridas. A figura  ,chama atenção para uma página onde são feitas recomendações sobre os materiais utilizados. Utilizamos também a figura  para simbolizar a necessidade da presença de um adulto durante a realização do experimento.

Nesse livro você entenderá, por exemplo, o princípio de funcionamento do pára-raios, da máquina fotocopadora, da bateria, do transistor, da bússola, de um gerador e até mesmo de um motor elétrico.

O Enigma de Tales de Mileto

Quatro adolescentes estavam conversando em uma lanchonete. Pedro, de 16 anos, um garoto curioso que cursa a 2ª série do ensino médio; Patrícia, de 15 anos, adora ler e cursa a 1ª série do ensino médio; Marcelo, de 15 anos, um adolescente que tem fascínio por computador, está na mesma sala de aula de Patrícia; e Tales, irmão de Marcelo, um menino de 12 anos, que cursa a 6ª série do ensino fundamental.

No meio da conversa, Tales contou que na noite anterior estava navegando na *Internet* e encontrou a história de um filósofo chamado Tales de Mileto. Devido à semelhança com seu nome, ele acabou se interessando pelo *site*. A história relatava um episódio que havia ocorrido em 600 a.C, quando Tales de Mileto, esfregando um pedaço de âmbar ("resina petrificada", originária de árvores diversas), percebeu que ele atraía objetos leves como cabelos soltos, penas, etc., mas ninguém na época entendia por que isso acontecia.

Intrigados com aquela história, discutiram sobre o assunto por um longo tempo. Para finalizar a discussão, Pedro sugeriu que fizessem a experiência discutida no site (Atividade 01).

– Olhem que legal! Com esse canudo é possível atrair os pedacinhos de papel sem tocá-los – falou Tales – mas o que está causando isso?

Como ninguém conseguia responder, Marcelo sugeriu enviar um *e-mail* para o *site* do professor LUIZ ANTÔNIO. Ali as pessoas deixavam suas dúvidas, via *e-mail*, e ele próprio, respondia a todas as perguntas.

No dia seguinte, os quatro amigos reuniram-se na casa de Marcelo para escrever para o Luiz Antônio. Primeiramente eles relataram a experiência e depois perguntaram que força era aquela que agia à distância, atraindo os papéis. Depois de algum tempo, naquele mesmo dia, os garotos foram ver se haviam recebido a resposta, e ali, na tela do computador, estava ela: não uma simples resposta, mas sim uma proposta feita pelo professor, a fim de deixar o interesse dos meninos mais aguçado. Ele propunha:

FORÇA DE ATRAÇÃO

ATIVIDADE 01

Você vai precisar de: 1 canudo de plástico usado para tomar refresco, papel picado e papel higiênico

1 - Pique pedaços bem pequenos de papel comum (de jornal, por exemplo). Em seguida atrite fortemente um canudo com um pedaço de papel higiênico.



Olhar pag.24

2 - Aproxime o canudo (sem encostá-lo) dos pedacinhos de papel e observe o que acontece com eles.



Essa questão será compreendida com a atividade que estou enviando. Caso vocês não consigam explicar o fenômeno escrevam-me.

FORÇA DE REPULSÃO

ATIVIDADE02

Você vai precisar de: 2 canudos de plástico, linha e papel higiênico.

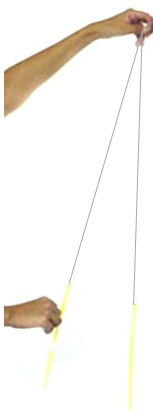
1 - Em cada extremidade da linha, amarre um canudo.



2 - Esfregue os canudos, um a um, com papel higiênico.



3 - Suspenda-os de modo que estejam próximos. Observe que eles se afastam.



4 - Aproxime dos canudos o pedaço de papel higiênico que você utilizou para esfregá-los. Veja o que acontece.



Olhar pag.24

– E mais – ressaltou Patrícia – o canudo é atraído pelo papel higiênico que nós utilizamos para atritá-los.

– Agora eu estou com mais dúvidas – disse Pedro. – Afinal, que força é essa que age à distância que ora repele e ora atrai os objetos?

Patrícia, à busca de uma explicação para as observações, foi à biblioteca pesquisar mais sobre o grande filósofo. Além de saber mais sobre o famoso matemático, acabou descobrindo muito sobre a eletricidade. Ao encontrar-se com Marcelo, Pedro e Tales, ela relatou suas descobertas.

– Tales de Mileto (546 - 624 a.C.) morreu sem entender o que fazia o âmbar atrair objetos leves e esse mistério permaneceu por cerca de 2000 anos. Em meados de 1570, William Gilbert (1544 - 1603) observou que vários materiais, como vidro e pele de animal, entre outros, possuíam a mesma propriedade do âmbar. Como em grego âmbar significa elektron, Gilbert denominou os materiais que se comportavam como o âmbar de elétricos, surgindo, assim, expressões como eletricidade.

E Patrícia prosseguiu:

– Mais tarde, Charles François Dufay (1602 - 1686) descobriu que, enquanto alguns objetos atraíam-se, outros se repeliam quando friccionados, como aconteceu com os dois canudos que foram atritados com papel higiênico.

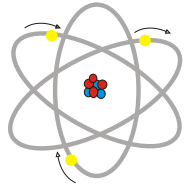
Por muito tempo essas observações não passaram de truques de festas. Essa situação modificou-se bastante com o trabalho do inventor Benjamin Franklin (1706 - 1790), o qual acreditava que a eletricidade era um fluido muito leve, que faltava ou estaria em excesso nos corpos eletrizados. Ele sugeriu chamar o que ele julgou ser um excesso de fluido elétrico, de eletricidade positiva e a falta, de eletricidade negativa. Enunciou também a lei, agora conhecida como "conservação da carga elétrica", ou seja: a soma total das cargas elétricas dentro de uma região é constante. Essa teoria, embora hoje ultrapassada, estava bem próxima do que se comprovou mais tarde, com a descoberta do átomo.

– Átomo??? Pat você está falando grego... Explique-se – disse Tales.

– Átomo é a menor porção da matéria que caracteriza um elemento químico. Uma das maiores contribuições sobre sua constituição

Bastante entusiasmados, os jovens fizeram o que foi sugerido.

foi dada no início do século XX, por Ernest Rutherford (1871 - 1937) – explicou a garota. – Segundo ele, o átomo é semelhante ao sistema planetário, tendo um núcleo composto por partículas muito pequenas que são chamadas de prótons e de nêutrons, rodeados por elétrons que ficam girando em torno do núcleo, como tentei representar nesse desenho. As bolinhas amarelas simbolizam os elétrons, as bolinhas azuis, os prótons e as bolinhas vermelhas, os nêutrons.



Modelo atômico

Animada com sua explicação, Patrícia continuou:

– Ah! Estava me esquecendo!

Os prótons têm carga elétrica positiva;

Os elétrons têm carga elétrica negativa;

Os nêutrons não têm carga.

E tem mais, o átomo em seu estado natural (neutro) possui a mesma quantidade de prótons e elétrons. Bem! Essas foram as informações que consegui, mas mesmo com todas elas eu não sei explicar nossas observações – comentou Patrícia.

– Posso fazer uma pergunta? – disse Tales, impaciente, e sem esperar a resposta, continuou. – Todos os objetos, como por exemplo essa cadeira é composta por átomos neutros?

– Correto! Tales – disse Patrícia.

– Pat, não fique desanimada – falou Pedro – porque as explicações para nossas questões não devem ser tão simples assim, sugiro escrever para o Luiz Antônio e dizer que observamos que ao atritar dois canudos com papel higiênico eles se afastaram e esses mesmos canudos atraem pedacinhos de papel. Resumindo, ora temos uma força de repulsão ora uma força de atração.

Foi o que fizeram. A resposta do professor não tardou a chegar:

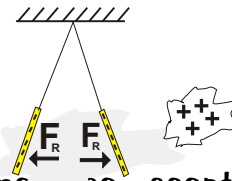


Garotos, para facilitar o entendimento de vocês começarei a explicação pela atividade 02. Inicialmente, o canudo e o papel higiênico estão neutros, ou seja, os átomos que os compõem possuem, cada um, a mesma quantidade de elétrons e prótons.

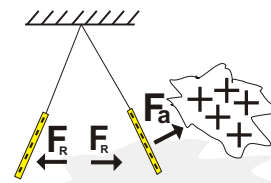
Porém, quando vocês atritaram o canudo com o pedaço de papel higiênico, alguns elétrons do papel escaparam e passaram para o canudo. Eles, então, ficaram com excesso de cargas negativas (mais elétrons do que prótons, em alguns átomos), ou seja, ficaram eletrizados

negativamente. Já o papel perdeu cargas negativas, ficando com excesso de cargas positivas, ou seja, ficou eletrizado positivamente. Como essa eletrização ocorreu por fricção, chamamos esse processo de **eletrização por atrito**.

Com essa explicação, concluímos que a força de repulsão, F_R , surgiu porque os canudos, atritados com papel, passaram a apresentar cargas negativas em excesso. Supõe-se então, como hipótese que as cargas de mesmo sinal levam os canudos a se repelir.



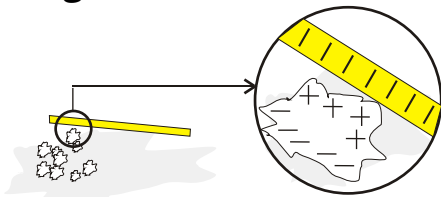
O mesmo não aconteceu quando vocês aproximaram o papel eletrizado positivamente do canudo eletrizado negativamente. Neste caso, criou-se uma força de atração, F_A , entre eles. Concluímos então, que corpos com cargas de sinais opostos se atraem.



Agora vamos descrever o que ocorreu na atividade 01.

Inicialmente os pedacinhos de papel estavam neutros, ao aproximar o canudo eletrizado

negativamente dos pedacinhos de papel, ele provocou uma separação de cargas, isto é, repeliu no papel as cargas negativas para a extremidade oposta e os átomos da extremidade próxima passaram a apresentar um excesso de cargas positivas, como mostra a figura abaixo.



Note que houve apenas uma separação de cargas no papel, sendo assim ele ainda continua neutro. Como as cargas positivas do papel estão mais próximas do canudo, a força de atração deste sobre elas será maior que a força de repulsão sobre as cargas negativas mais afastadas. Por isso, os pedacinhos de papel grudaram no canudo.

Vale lembrar que, vários estudiosos do assunto durante muitos séculos fizeram vários experimentos com diferentes materiais e foram pouco a pouco propondo explicações, verificando que elas não explicavam todas as observações, outros pesquisadores propunham novas idéias, até chegar às conclusões que descrevi, que são aquelas hoje aceitas até hoje.

– No que já li sobre o assunto, os autores ressaltam que não há criação nem destruição de cargas elétricas – lembrou Patrícia, após ler o e-mail. – Como alguns elétrons podem se deslocar com certa facilidade (porque a força que os une aos prótons não é tão forte) na eletrização do canudo, ocorreu apenas uma transferência de elétrons do papel para o canudo, permanecendo inalterada a soma das cargas elétricas do conjunto (canudo e papel). Como Benjamin Franklin já tinha dito há muitos e muitos anos atrás.

– Patrícia! Será que agora eu posso falar? – perguntou Tales irritado. – Olhem que interessante, depois de algum tempo os pedacinhos de papel caem do canudo, vocês sabem explicar por que eles não continuam presos?

– Os papéis soltaram porque houve passagem de cargas negativas do canudo para os pedacinhos de papel, assim ambos ficaram com cargas negativas. Como cargas iguais se repelem os pedacinhos de papel saltaram do canudo – respondeu Pedro, com um livro na mão, onde encontrou a explicação para dúvida de Tales.

– Legal! – exclamou Tales. – Você está aprendendo tudo direitinho!!!!

Tales, brincando com um canudo eletrizado, encostou-o na parede (Atividade 03).

CORPO ELETRIZADO ATRAI CORPO NEUTRO?

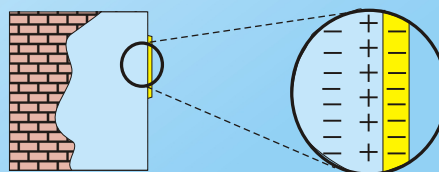
ATIVIDADE 03

Você vai precisar de: 1 canudo de plástico e papel higiênico.



1 - Atrite o canudo com um pedaço de papel higiênico. Em seguida, jogue-o na parede. O que acontece?

Tales ficou espantado quando viu o canudo grudado na parede. Então, Pedro pediu que ele colocasse na parede um outro canudo que ainda não tivesse sido atritado com papel higiênico. Como resultado, observaram que o segundo canudo não aderiria na parede. Antes de qualquer comentário, Pedro questionou o porquê daquilo, mas Tales não soube lhe responder. Ele insistiu para que o amigo tentasse pelo menos um palpite e sugeriu que começasse esquematizando o problema. E imediatamente ele pegou um papel e um lápis, lembrando da explicação do Luiz Antônio sobre a atração dos pedacinhos de papel pelo canudo eletrizado.



– Ah! Com um desenho semelhante do Luiz Antônio, estou conseguindo entender o que está acontecendo – disse Tales. – O canudo eletrizado negativamente repeliu as cargas negativas na superfície da parede, fazendo com que alguns átomos, nela, próximos ao canudo ficassem com excesso de cargas positivas. Assim, a força de atração será maior do que a força de repulsão e, por isso, o canudo aderiu na parede.

– Viu como basta apenas um pouco de persistência para entender aquilo que não compreendemos à primeira vista??? – falou Pedro.

– Eh, mas você é "metido"!!! – brincou Patrícia.

– Mas agora quem tem uma dúvida sou eu – disse Pedro. – Como se faz para saber que o corpo possui cargas elétricas?

Ninguém soube responder e então procuraram o Luiz Antônio para perguntar.



Essa questão será esclarecida com a construção de um aparelho chamado pêndulo eletrostático ou eletroscópio simples (Atividade 04).

DETECTOR DE CARGAS “PÊNDULO ELETROSTÁTICO”

ATIVIDADE 04

Você vai precisar de: 2 canudos de plástico sanfonados, linha, folha de alumínio, papel higiênico, isopor, fita adesiva e tesoura.



1 - Dobre o canudo de modo que ele forme um L e fixe-o no isopor. Amarre um fio com 20 cm de comprimento na extremidade do canudo e, em seguida, fixe um pequeno disco de alumínio na ponta do fio.

Atrite um canudo com papel higiênico e aproxime-o do disco de alumínio, mas sem tocá-lo. Observe o movimento do disco.

2 - Agora encoste o canudo atritado no disco de alumínio. Qual será então, o sentido do movimento do disco? Tentem explicar o ocorrido.



Olhar pag.24



Mais uma vez os garotos foram executar a tarefa proposta no site.

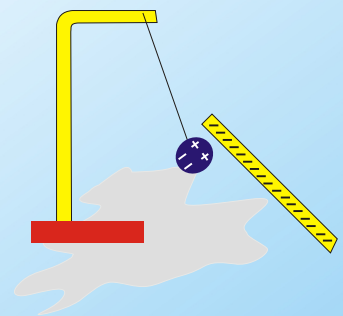
Reuniram-se na casa do Marcelo para montar o pêndulo e o local passou a ser o ponto de encontro deles, pela comodidade de ter um quarto desocupado no fundo da casa.

– Que barato! O canudo atrai o disco. Olhem! Agora o disco está fugindo do canudo. Vocês sabem me explicar o que está ocorrendo? – gritou Tales.

Pedro, muito cauteloso, pediu a Tales que aproximasse um canudo neutro (que não tivesse sido atritado) do disco e só depois diria alguma coisa.

– Muito bem! – disse Pedro. – Procurei ler um pouco sobre esse assunto em um livro de física e, descobri que seria impossível aprender tudo sozinho. Mas, por sorte, eu encontrei a explicação para esse fenômeno.

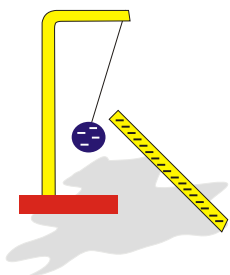
Pedro fez um esquema.



– Quando aproximamos o canudo eletrizado negativamente do disco de alumínio, as cargas se separam na superfície do disco, tal como no caso da parede. O canudo eletrizado negativamente repele as cargas negativas existentes no disco, criando assim uma região com cargas positivas próxima ao canudo e uma região oposta com cargas negativas.

Como as cargas positivas estão mais próximas do canudo, a força de atração será maior do que a força de repulsão, causada pelas cargas negativas, por isso o disco é atraído pelo canudo.

– Pedro! Pode deixar que agora eu explico o porquê do disco ser repelido pelo canudo – disse Marcelo, que até o momento só tinha observado as discussões.



– Quando o disco toca o canudo, ocorre uma passagem de cargas negativas do canudo para ele. Assim, o disco fica com excesso de cargas negativas e, como ambos estão carregados negativamente, eles se repelem. O canudo continua negativo porque possui excesso de elétrons e mesmo perdendo alguns para o disco ainda continua eletrizado negativamente.

– Gente! – Patrícia chamou a atenção dos colegas. – Eu estava pensando, será que esse é o único aparelho que detecta cargas?

Como ninguém sabia responder, ela se propôs a procurar a resposta e trazê-la no dia seguinte. E assim ela fez, levou todo o esquema para a construção de um aparelho chamado eletroscópio de folhas e comentou:

– O inventor do eletroscópio de folhas foi Francis Hausksbee em meados de 1700. A montagem que o livro sugeriu é bastante simples. Antes que me perguntem, há outros bons detectores de cargas, como por exemplo o eletrômetro.

Logo que Patrícia terminou sua explicação começaram a montar o Experimento (Atividade 05).

DETETOR DE CARGAS “ELETROSCÓPIO DE FOLHAS”

ATIVIDADE 05

Você vai precisar de: 13 cm de arame fino, 1 cm de fio de cobre (número 28), folha de alumínio, um vidro, 1 bolinha de isopor, adesivo epóxi, 1 canudo de plástico e papel higiênico.



1 - Faça um furo na tampa do vidro com a mesma espessura do arame. Dobre-o na forma de um gancho, fixe-o na tampa com adesivo epóxi e espere a cola secar. Corte duas tiras finas de papel alumínio de 3 cm de comprimento e prenda-as com o fio cobre. Depois que a cola estiver seca, coloque as tiras de papel alumínio no gancho. Tampe o vidro. Por último, encape uma bola de isopor com papel alumínio e fixe-a no arame.

2 - Atrite o canudo com um pedaço de papel higiênico e aproxime e afaste o canudo da esfera, sem tocá-la. Observe o que acontece com as tiras de alumínio.



3 - Agora encoste o canudo eletrizado na esfera. Observe o que acontece com as tiras de alumínio.



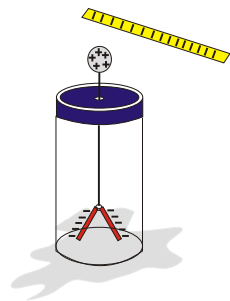
Olhar pag.24

No começo eles tiveram alguns problemas com a montagem do eletroscópio, pois o frasco estava úmido, conseqüentemente o ar no seu interior tornou-se condutor impedindo que as tiras de folhas de alumínio se afastassem, mas com persistência conseguiram fazê-lo funcionar.

Perceberam que as tiras de papel de alumínio afastavam-se umas das outras, ao aproximar ou encostar o canudo eletrizado na esfera encapada com alumínio.

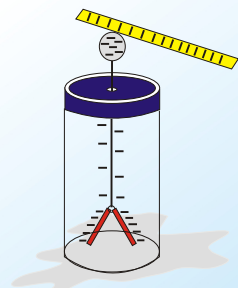
Marcelo comentou que tinha visto aquele aparelho em uma feira de ciência na escola e foi logo explicando o funcionamento do eletroscópio.

– É simples! Quando aproximamos o canudo eletrizado negativamente à esfera, as cargas negativas da esfera são repelidas e acumulam-se nas tiras de alumínio. A esfera então apresenta excesso de cargas positivas e as tiras excesso de cargas negativas. Como as duas tiras ficam eletrizadas com cargas iguais, elas se repelem.



É interessante notar que, ao afastar o canudo eletrizado do eletroscópio, as tiras juntam-se novamente, porque as cargas se redistribuem voltando às posições anteriores à aproximação do canudo. Entendeu?

Após a pergunta o garoto continuou sem esperar a resposta dos colegas:



– Já quando encostamos o canudo eletrizado negativamente na esfera, cargas negativas do canudo são transferidas para ela. Com isso, tanto a esfera quanto as tiras ficam com excesso de cargas negativas e, conseqüentemente, as tiras se separarão. Observe que afastando o canudo, as tiras continuam separadas porque eletrizamos o **eletroscópio por contato**, isto é, houve transferência

de carga do canudo para a esfera e dela para as tiras de alumínio.

Marcelo então complementa:

– Quando me explicaram na feira de ciências eu não tinha entendido, mas agora com tudo que já aprendemos posso compreender o que me falaram.

Pedro, muito curioso e interessado, perguntou a Marcelo:

– Mas depois que o eletroscópio estiver eletrizado, o que eu faço para as tiras se juntarem novamente?

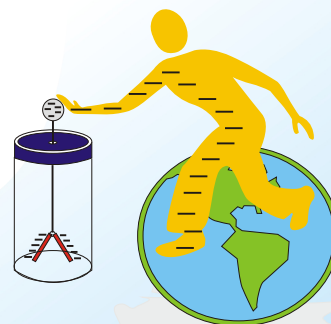
– É simples, basta encostar a mão na esfera.

– Marcelo você poderia explicar melhor? – pediu Patrícia.

– Claro! Quando vocês encostam a mão na esfera eletrizada, os elétrons em excesso, escoam pelo seu corpo até a Terra, assim a esfera fica neutra.

– A Terra ficará eletrizada? – estranhou Tales.

– Não – respondeu Marcelo. – Como o planeta Terra possui uma enorme superfície, o efeito das mesmas torna-se imperceptível, pois o excesso de cargas vai se espalhar por toda a superfície da Terra.



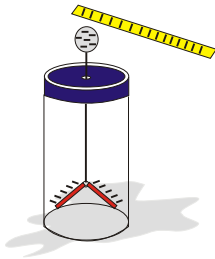
– Ah! Agora eu vou te pegar – disse Pedro, desafiando Marcelo. – Como eu neutralizaria o eletroscópio se ele estivesse eletrizado positivamente?

– Da mesma forma, encostando a mão na esfera mas, nesse caso, os elétrons livres da Terra passariam através do seu corpo até a esfera, neutralizando-a – respondeu Marcelo, todo confiante.

– Marcelo, com esse eletroscópio podemos determinar o sinal da carga de um objeto eletrizado? – perguntou Patrícia.

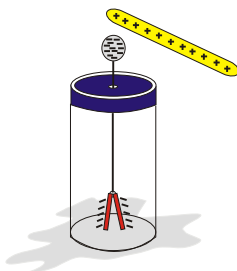
– Podemos sim – explicou ele. Como exemplo, vamos eletrizar um canudo de plástico com papel higiênico, afinal já sabemos que o canudo fica eletrizado negativamente. Em seguida encostaremos o canudo na esfera encapada com alumínio. Assim estaremos eletrizando negativamente o eletroscópio, por contato.

Faremos dois testes: primeiro aproximaremos um canudo do eletroscópio eletrizado com excesso de cargas negativas na esfera do aparelho.



Percebem que as tiras se afastam ainda mais? – disse Marcelo fazendo uma demonstração. – As cargas negativas que estão na esfera tendem a ficar o mais distante possível do canudo, acumulando-se nas tiras. Recebendo mais cargas as tiras se afastam mais, pois a força de repulsão aumenta como procuraremos entender com outra experiência.

Agora, vejamos o que acontece com as tiras do eletroscópio, quando aproximamos da esfera um bastão de vidro que foi eletrizado com papel higiênico.



– As tiras ficaram mais próximas – falou Patrícia, após a demonstração de Marcelo.

– Por que isso aconteceu? – perguntou Tales.

– Veja bem! O bastão de vidro fica eletrizado positivamente e atrai mais cargas negativas para a esfera. Com isso as tiras ficaram com menos cargas negativas e, conseqüentemente a força de repulsão entre elas diminui e elas aproximam-se – respondeu Marcelo.

– Eu tenho uma dúvida! – exclamou Pedro. – É possível um canudo plástico eletrizar-se positivamente?

– Isso eu não sei responder, vamos escrever para o Luiz Antônio e fazer essa pergunta – sugeriu Marcelo.

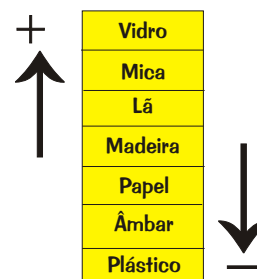


Um mesmo objeto poderá eletrizar-se por atrito positivamente ou negativamente dependendo do material com o qual foi atritado.

Por exemplo: o canudo de plástico quando atritado com o papel, fica eletrizado negativamente. Já o bastão de vidro quando atritado com o papel, fica eletrizado positivamente. Isso ocorre porque o papel cede elétrons para uns e retira elétrons de outros.

Por volta de 1760, J.C. Wilcke observou que os materiais poderiam ser dispostos em uma seqüência em função de sua capacidade de ganhar ou perder elétrons, como está representado abaixo.

Série Triboelétrica:



Atritando esses materiais entre si, verifica-se que os materiais que estiverem mais acima na série, ficarão eletrizados positivamente (perderão elétrons para o outro), quando atritados com qualquer outro que o segue e, ficará eletrizado negativamente (recebe elétrons do outro) ao ser atritado com aqueles que os precedem. Tomemos como exemplo o papel: quando atritado com o canudo de plástico, fica eletrizado positivamente, ou seja, o papel doa elétrons para o canudo. O contrário acontece quando o papel é atritado com vidro, ele fica eletrizado negativamente, ou seja, rouba elétrons do vidro.

Essa seqüência é chamada de triboelétrica.

Assim que leram a explicação vinda do site, Pedro fez uma pergunta.

– Nós aprendemos a eletrizar um objeto, por atrito e por contato, será que existe outro processo de eletrização?

– Eu estou tão cansada que não consigo mais pensar, vamos pensar nisso amanhã – falou Patrícia, com a bolsa na mão a caminho da porta.

– Concordo com a Patrícia – disse Marcelo.

– Eu não acredito! – exclamou Pedro, revoltado.

Mesmo insistindo muito, Pedro não conseguiu convencê-los a ficar. No dia seguinte, ele foi o primeiro a chegar na casa de Marcelo, tal era sua empolgação. Começaram a discussão, mas depois de um tempo perceberam que o melhor a fazer era encaminhar a pergunta para o site.



Existem várias formas de eletrizar um objeto.

Mas, agora

irei propor a atividade 06 que ilustra o processo chamado "eletrização por indução".

ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO

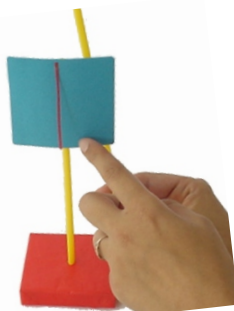
ATIVIDADE 06

Você vai precisar de: Cartolina, 1 tira de papel de seda, 2 canudos de plástico, isopor, cola branca, fita adesiva, tesoura e papel higiênico.



1 - Corte uma cartolina na forma de um quadrado (7x7) cm. Em seguida, cole uma tira de papel de seda bem fina na extremidade superior do quadrado. Pregue essa cartolina em um canudo e depois fixe-o em uma base (por exemplo, um pedaço de isopor ou outro material que seja um bom isolante).

2 - Depois, atrite outro canudo com papel higiênico e aproxime-o do lado contrário de onde foi colada a tira de papel de seda sem encostar na cartolina. Dizemos que o canudo é o indutor e o papel de seda vão ser eletrizado por indução. Nestas condições observem o que ocorre com a tira de papel de seda. Tente explicar o ocorrido.



3 - Mantendo o canudo, sempre próximo de quadrado na mesma posição, encoste o dedo na parte da frente da cartolina. O que ocorre com a tira de papel de seda?

4 - Depois afaste o dedo e em seguida, afaste o canudo. Observe agora o que acontece com a tira de papel de seda. Tente explicar cada fase desta experiência.



Olhar pag.24

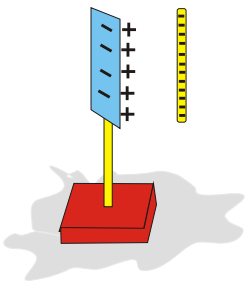
– Oh! – exclamou Tales, encantado. – A tira permanece levantada, mesmo depois que eu afastei o canudo. Mas eu não entendi esse processo de eletrização! O que aconteceria se eu tirasse primeiro o canudo e depois o dedo?

– A forma mais simples de você descobrir é fazendo – comentou Pedro.

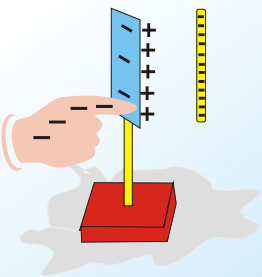
– É pra já – falou Tales com o canudo na mão.

Tales logo descobriu que a tira não se levantava.

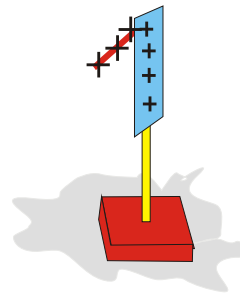
– Vamos pensar! – disse Pedro, fazendo esquemas. – Quando aproximamos o canudo do pedaço de cartolina estamos criando duas regiões, uma região com cargas positivas, a face do quadrado próxima à do canudo, e a outra face oposta do quadrado com cargas negativas. A força elétrica do canudo eletrizado negativamente provoca essa separação de cargas. Como o papel de seda adquire a mesma carga (por contato) da face da cartolina na qual esta está em contato, ela é repelida.



Quando colocamos o dedo na parte da cartolina com excesso de elétrons, as cargas negativas se escoarão por ele, pois o canudo as repelirão para que fiquem bem longe. Nosso corpo se presta a isso levando as cargas negativas em excesso para o chão. Depois que afastamos o dedo, elas não poderão mais retornar à cartolina.



A seguir, a face da cartolina que perdeu elétrons também fica eletrizada positivamente porque há uma redistribuição de cargas. Vale lembrar que são os elétrons que se movem para que isto aconteça. Como cargas de mesma natureza se repelem, a tira se afasta da cartolina como mostra a figura.



– Um desenho sempre ajuda a entender melhor o processo – comentou Pedro.

– Temos que concordar, afinal você resolveu o problema sem precisar recorrer ao Luiz Antônio. Mas vamos recorrer ao site para verificar se sua explicação está correta – disse Marcelo.

Todos concordaram.



Parabéns. As suas conclusões estão corretas. O caminho é justamente esse. Sempre que vocês tiverem uma situação

nova que não saibam resolver, discutam o problema esquematizando-o. Agora eu gostaria que vocês, fazendo uma pesquisa bibliográfica, respondessem as seguintes perguntas:

- 1- Quem é mais pesado o próton ou o elétron?
- 2- Qual o valor da carga do elétron?
- 3- Quem a mediu?
- 4- Por que se diz que toda carga é quantizada?

– É pessoa! – disse Marcelo depois de ler o e-mail. – Teremos que ir até à biblioteca, e depois podemos passar na soverteria, o que acham?

– Estou pronto, quando partimos? – perguntou Tales, afinal tinham dito a palavra mágica “sorvete”.

Na biblioteca, Patrícia obteve as respostas com facilidade e explicou para os colegas:

– Aqui estão as respostas que procuramos! Patrícia toda empolgada leu uma a uma.

1) A massa do próton é $1,7 \times 10^{-27}$ kg e a massa do elétron é $9,1 \times 10^{-31}$ kg. Como vocês podem perceber a massa do próton é muito maior, cerca de 2000 vezes maior do que a massa do elétron.

2) O valor da carga do elétron, e , é dada por:

$$(e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

A carga do elétron é a menor quantidade de carga detectável experimentalmente.. A unidade para medir carga, o Coulomb, representada por C, foi criada em homenagem ao físico francês, Charles Augustin Coulomb (1736 - 1806), pois ele conseguiu determinar a fórmula para calcular a intensidade da força elétrica entre corpos eletrizados.

3) O valor da carga do elétron também denominada carga elementar foi medido em 1911 pelo físico norte-americano Robert Andrews Millikan (1868 - 1953).

4) Um canudo eletrizado possui um número de cargas em excesso que é sempre um múltiplo inteiro do valor da carga do elétron, por isso dizemos que a carga elétrica é quantizada sempre que a carga elétrica de um objeto varia (aumenta ou diminui) essa variação se observa por um número inteiro de elétrons. Por exemplo, quando atritamos um objeto tiramos ou liberamos um número inteiro de elétrons. E pode ser calculada da seguinte forma:

$$Q = N.e$$

Sendo e a carga do elétron, N um número inteiro qualquer, isto é, $N = 1000, 2000, 3000...$ Esse fato foi comprovado por Millikan quando mediu a carga do elétron.

Marcelo muito atento na explicação da colega, mal pôde esperar Patrícia terminar sua explicação para perguntar:

– Qual é a fórmula descoberta por Coulomb que calcula a intensidade da força elétrica?

– Não sei – falou Patrícia. – Mas podemos escrever para o Luiz Antônio contando que conseguimos responder todas as suas perguntas e depois aproveitamos para fazer a pergunta de Marcelo.

– Boa idéia! – disse Marcelo.

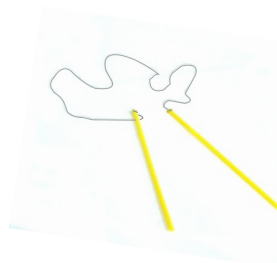


O esclarecimento para essa dúvida será dado gradativamente. Estou enviando uma atividade para que vocês possam, depois de realizá-la, concluir se a força elétrica depende da quantidade de cargas existentes no material eletrizado.

FORÇA DE COULOMB

ATIVIDADE 07

Você vai precisar de: 2 canudos de plástico, linha e papel higiênico.



1 - Em cada extremidade da linha, amarre um canudo.

2 - Atrite somente metade dos canudos separadamente com um pedaço de papel higiênico. Suspenda-os e observe a distância entre os canudos (ângulo que farão entre si)..



3 - Agora atrite os canudos por inteiro. Em seguida, suspenda-os e observe a nova separação dos canudos.

– Já sei, o que o Luiz Antônio gostaria que observássemos – explicou Pedro. – A força de repulsão depende da quantidade de cargas em excesso. Afinal, os canudos que foram atritados pela metade, afastaram-se menos do que os atritados por inteiro porque têm menos cargas em excesso.

– É verdade! – exclamou Patrícia. – Agora nós devemos enviar um e-mail para o Luiz Antônio contando essas conclusões.

– É pra já! – disse Marcelo, em frente ao computador.



A sua conclusão está correta. Agora eu tenho um novo desafio! Será que essa força elétrica depende da distância entre as cargas elétricas? Para responderem essa pergunta sugiro uma outra atividade.

FORÇA DE COULOMB

ATIVIDADE 08

Você vai precisar de: 2 canudos de plástico, linha e papel higiênico.

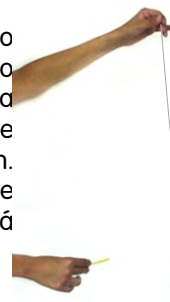


1 - Amarre um canudo na ponta da linha e atrite-o com um pedaço de papel higiênico. Suspenda-o.

2 - Em seguida, aproxime deste, um outro canudo eletrizado a uma distância de aproximadamente 3 cm, mantendo-os sempre a essa distância. Observe o que ocorre com o canudo que está preso à linha. Preste atenção no ângulo que a linha faz com a vertical!



3 - Agora, afaste o canudo não pendurado a uma distância de aproximadamente 15 cm. Observe o que ocorre com o canudo que está preso a linha.



Logo após lerem o e-mail, começaram a executar as tarefas propostas no site.

– Olhem que barato! – disse Marcelo, chamando a atenção dos colegas. – Conforme eu aumento a distância entre os canudos, a força de repulsão diminui, pois o canudo pendurado fica mais próximo da vertical.

– Vamos contar para o Luiz Antônio que descobrimos que a força elétrica depende também da distância entre as cargas elétricas! – exclamou Tales.

– Calma, calma! – disse Pedro. – Antes, vamos tentar descobrir a intensidade da força elétrica. Afinal, não era essa a nossa dúvida inicial?

Pensaram, pensaram... Por um bom tempo porém não conseguiram equacionar a dependência da força elétrica com a quantidade de cargas em excesso e a distância entre elas, descobriram apenas que a distâncias maiores a força de repulsão é menor. Então, procuraram o Luiz Antônio para pedir ajuda.



Todas essas observações são resumidas em uma expressão

matemática:

$$F = k \frac{Qq}{r^2}$$

sendo **F** a força elétrica, também chamada força de Coulomb, **K** é uma constante que caracteriza o meio (ar, vácuo, água etc.) onde o fenômeno está sendo observado, **Q** e **q** os valores das cargas em excesso em cada corpo e **r** a distância entre elas.

Note que, conforme se aumenta a quantidade de cargas em excesso (**Q** e **q**) nos objetos eletrizados a força elétrica também aumenta. É importante enfatizar que, primeiramente foi observado que a força elétrica variava com o inverso da distância, somente depois de muito trabalho e dedicação que descobriu-se que a força elétrica, como pode ser observado pela fórmula, variava com o inverso do quadrado da distância.

Os passos seguidos por Charles Augustin Coulomb para descobrir essa equação, em meados de 1785, foram semelhantes aos de



vocês: primeiro ele observou os resultados experimentais e depois equacionou suas observações. Isto depois de repetir as experiências várias vezes, procurando as condições mais favoráveis às medidas e ainda desprezando possíveis erros cometidos.

Inesperadamente, o pai de Marcelo, uma pessoa de pouco estudo mas muito curioso, entrou no quarto para avisá-lo que iriam viajar no outro dia, logo cedo, e retornariam somente na semana seguinte. Instantaneamente, os garotos começaram a se despedir. Marcelo insistiu para que ficassem, mas de nada adiantou. Combinaram de se reencontrarem ali mesmo assim que ele voltasse.

Após uma semana lá estavam eles, reunidos novamente. Entre uma história e outra, Marcelo contou para seu pai durante a viagem sobre o que estavam descobrindo nas suas brincadeiras e surgiu uma dúvida.

– Como o excesso de cargas se distribuem em um objeto?

– Boa pergunta! – disse Pedro. – Eu não tinha pensado nisso. Mas mesmo que tivesse também não saberia responder. Por acaso vocês sabem?

– Não!!! – responderam juntos Tales e Patrícia.

Então, decidiram enviar a pergunta para o site, a fim de esclarecer a dúvida de Marcelo.



Vocês esclarecerão essa dúvida depois que executarem a atividade que estou enviando. Para que a experiência seja bem entendida, proponho que procurem o título "poder das pontas" e leiam o que ali estiver explicado sobre este fenômeno.

PODER DAS PONTAS

ATIVIDADE 09

Você vai precisar de: Cartolina, 2 tiras de papel de seda, 2 canudos de plástico, isopor, papel higiênico, tesoura, cola branca e fita adesiva.

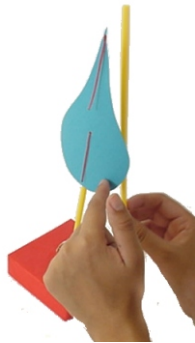


1 - Corte uma cartolina na forma de uma gota de 15 cm de comprimento. Cole duas tiras de papel de seda, cada uma de 5 cm de comprimento aproximadamente, uma na ponta e outra no meio da gota. Em seguida, pregue com fita adesiva a cartolina em um canudo e fixe-o em um pedaço de isopor.



2 - Atrite um canudo com um pedaço de papel higiênico. Em seguida, aproxime o canudo atrás da gota.

3 - Mantendo o canudo na posição recomendada, encoste a ponta do seu dedo na frente da gota.



4 - Afaste a mão e, depois o canudo. Observe o que acontece com as tiras.



– *Que engraçado!* – exclamou Tales. – *A tira da ponta levanta mais do que a tira que está presa no centro da gota! Por que isso acontece?*

– *Isso é um caso curioso!* – concordou Pedro. – *Nós podemos observar que a força de repulsão é maior na tira presa na ponta do que no centro, conseqüentemente tem um acúmulo maior de cargas na ponta.*

– *Acho que você tem razão, Pedro. Mas, poderíamos verificar se sua explicação está correta lendo o assunto “poder das pontas” sugerido pelo Luiz Antônio* – disse Patrícia. – *Vamos agora para a biblioteca!*

Naquele momento apenas ela poderia ir, então combinaram de se encontrar no dia seguinte às três horas da tarde na biblioteca.

Eles levaram a experiência. Todos que estavam lá acharam que era um truque de magia. Tales, muito vaidoso, dizia que não era magia e explicava os processos de eletrização que estavam ocorrendo.

Por sorte, Mário, um professor de Física, que estava na biblioteca, ajudou-os a entender o fenômeno chamado poder das pontas.

– *Garotos! Quando eletrizamos um corpo que tem a forma de um círculo, as cargas tendem a se espalhar homogênea-mente ao longo de sua superfície. No entanto, quando eletrizamos um corpo que possui uma forma que contém uma extremidade pontiaguda, tal como a gota de vocês, há uma concentração maior de cargas elétricas nas pontas. A explicação para este fenômeno provém do fato de que cargas de mesmo sinal repelem-se entre si. Como as cargas de mesmo sinal tendem a se espalhar ao máximo e a extremidade pontiaguda é a parte mais distante do resto do corpo, ocorre um acúmulo maior de cargas na ponta. Devido a este acúmulo de cargas, o campo elétrico é mais intenso do nas pontas, fato que explica o poder das pontas* – concluiu o professor.

– *Mas o que é campo elétrico?* – estranhou Pedro.

– *Existe um campo elétrico ou campo de forças elétricas em uma região do espaço ao redor de uma carga elétrica. O efeito a distância provocado por esta carga, pode ser de repulsão ou atração* – explicou o professor – *como nos desenhos animados, onde algumas vezes o herói não consegue entrar em alguns lugares, por causa de uma força que age à distância. Para vocês entenderem melhor vamos fazer a seguinte brincadeira (Atividade 07):*

CAMPO DE FORÇA

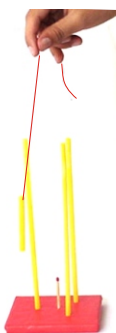
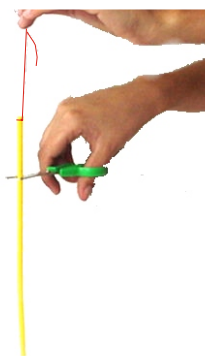
ATIVIDADE 10

Você vai precisar de: 4 canudos de plástico, isopor, tesoura, um palito de fósforo, linha e papel higiênico.



1 - Fixe no isopor três canudos eletrizados ao redor do palito de fósforo.

2 - Corte 20 cm de linha e amarre na sua extremidade um canudo. Em seguida atrite o canudo com papel higiênico. É importante lembrar que o canudo deverá ser eletrizado por inteiro. Depois corte o canudo, de forma que ele fique com 5 cm de comprimento aproximadamente.



3 - Agora tente acertar o palito de fósforo com o canudo, que está preso na linha.

– *Que legal!* – disse Marcelo, tentando acertar o palito de fósforo. – *Tem uma força que não deixa esse canudo encostar no palito.*

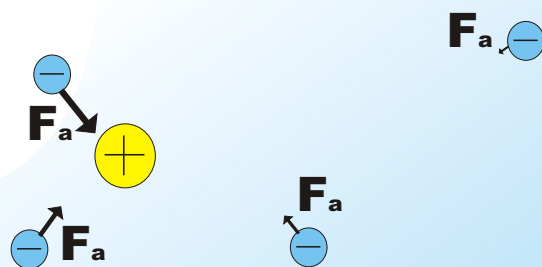
Tales, muito engenhoso, eletrizou um canudo e depois picou-o em pedaços bem pequenos. Em seguida atirou os pedaços de canudo em direção do palito de fósforo, mas sua tentativa foi sem sucesso, porque os pedacinhos de canudos eletrizados desviavam quando aproximavam dos canudos fixos também eletrizados.

– *Agora sim* – disse Pedro – *eu estou entendendo as palavras do professor, campo elétrico, ou melhor campo de força, afinal o que eu estou observando é o efeito da força.*

– *Isso mesmo garoto!* – disse Mário. – *Para não ficar nenhuma dúvida, darei um outro exemplo.*

Suponha que haja uma carga positiva fixa. Se colocarmos algumas cargas negativas muito pequenas (a qual chamaremos de carga de prova), em vários pontos, ao redor da carga positiva, o que vocês esperam que aconteçam com as cargas de prova?

– *Elas serão atraídas pela carga positiva, porque irão aparecer entre elas, como já sabemos pelas nossas experiências, as forças de atração* – respondeu Patrícia, fazendo alguns desenhos.



E ele prosseguiu:

– *O que aconteceria se as cargas de prova fossem positivas?*

– *É simples, surgiria uma força de repulsão entre elas* – explicou Patrícia.

– *Correto!* – falou o professor. – *Sempre que isto acontece, os físicos propuseram dizer que, existe um campo de forças na região do espaço onde a força se manifesta. No caso da força se originar em cargas elétricas o campo de força é denominado campo elétrico.*

Garotos agora tenho que ir, mas quando precisarem de ajuda podem me procurar.

Como já era tarde, combinaram de se encontrar no outro dia na casa de Marcelo, para enviar e-mail ao site.

Logo que chegaram à casa de Marcelo, começou uma tempestade. Patrícia, que tinha medo de relâmpagos, perguntou se sabiam explicar como eles eram formados, apontando para um que estava caindo naquele momento.

– Patrícia, eu não sei – disse Marcelo – mas não fique com medo porque na casa do vizinho tem pára-raios, portanto toda essa região está protegida.

– Eu ficarei tranquila se você me explicar como o pára-raios nos protege! – falou Patrícia.

– Ora veja!... – disse Marcelo tentando enrolar Patrícia.

– Vamos parar de enrolar – falou Pedro tentando colocar um fim naquela conversa – o melhor a fazer é enviar todas essas perguntas para o site do Luiz Antônio, já que não sabemos solucioná-las.

Eles acataram a sugestão de Pedro, e assim que a tempestade passou, cumpriram o combinado.



Garotos! Primeiramente, raio é uma descarga elétrica causada pelo movimento de cargas de uma nuvem até a Terra. Quanto ao funcionamento do pára-raios estou enviando uma tarefa que os ajudará a entendê-lo. Aliás, no pára-raios aplica-se o conceito do poder das pontas, que vocês já estudaram.

SIMULAÇÃO DO PÁRA-RAIOS

ATIVIDADE 11

Você vai precisar de: Cartolina, 1 tira de papel de seda para balas, 2 canudos de plástico, isopor, agulha, papel higiênico, tesoura, cola branca e fita adesiva.

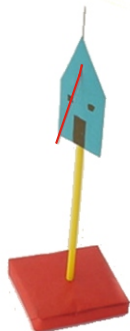


1 - Recorte uma cartolina (aproximadamente 8 cm de comprimento) na forma de uma igreja. Em seguida, cole a tira de papel de seda no meio da torre da igreja. Depois, com uma fita adesiva, pregue uma agulha na ponta da torre. Use um canudo como suporte para sustentar a igreja e pregue-o com a fita adesiva. Por último, fixe o canudo em um pedaço de isopor.



2 - Aproxime um canudo eletrizado da agulha, sem encostar. Observe a tira de papel de seda.

3 - Retire o canudo. Observe o que acontece com a tira.



4 - Coloque a ponta do seu dedo na igreja. E observe o que acontece com a tira.



– Como é possível! – disse Marcelo, indignado. – A tira permanece erguida mesmo depois de retirado o canudo, a igreja deve ter ficado eletrizada.

– Mas se não eletrizamos a igreja, por contato, nem por indução, nem por atrito, então como a igreja ficou eletrizada? – perguntou Patrícia.

– O interessante é – disse Pedro – que mesmo olhando bem de perto não vejo faísca saltando do canudo para a igreja.

– Eu também não escutei nada – falou Tales.

– É, infelizmente precisaremos procurar o Luiz Antônio para pedir ajuda – disse Marcelo, em frente ao computador esperando somente o consentimento dos colegas.

– Marcelo não perca tempo – disse Patrícia – envie nossas dúvidas para o site.

A resposta foi imediata.

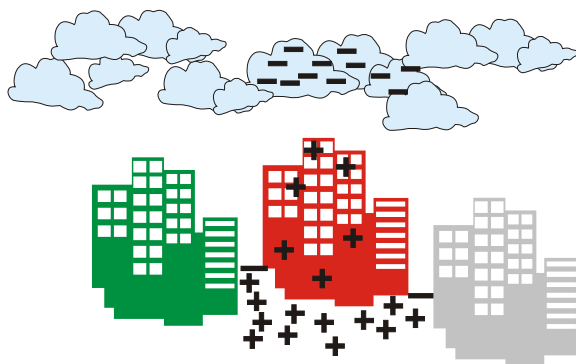


Garotos, quando vocês aproximaram o canudo eletrizado negativamente na ponta da agulha, uma grande quantidade de cargas positivas foram induzidas nela. Isto causou um intenso campo elétrico, no ar, entre a ponta e o canudo.

Esse campo, por sua vez, ionizou o ar, isto é, provocou uma força suficiente para arrancar elétrons das moléculas constituintes do ar. Nessa situação, ele tornou-se condutor, propiciando a passagem de elétrons do canudo para a ponta da agulha. Por isso, a igreja e a tira ficaram carregadas negativamente. Como cargas iguais se repelem, a tira levantou-se.

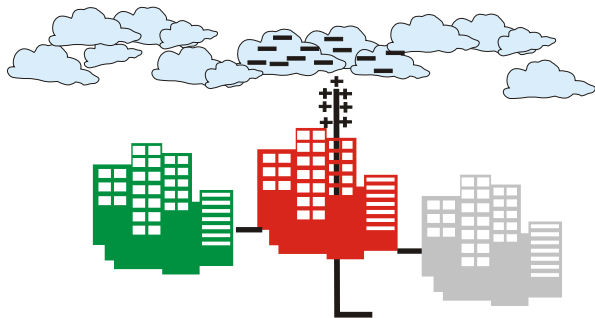
O pára-raios, que nos protege de relâmpagos, também utiliza o poder das pontas. Ele é composto de uma ou mais pontas metálicas ligadas à terra por um fio de metal. Ele deve ser colocado no ponto mais elevado do local a ser protegido, como por exemplo: torres, prédios e igrejas.

Durante as tempestades as nuvens tornam-se carregadas, faremos nossa análise para uma nuvem carregada negativamente. Por onde ela passa, induz cargas positivas na Terra, criando um campo elétrico intenso entre a nuvem e a Terra. Como vocês viram na atividade "Simulação do pára-raios", isso possibilitará uma descarga elétrica (relâmpago), que dependendo da carga acumulada pode causar acidentes fatais.



Caso o local tenha pára-raios, as cargas induzidas se acumularão em suas pontas. Nesta situação o campo elétrico ioniza o ar, permitindo a passagem de cargas da nuvem para o pára-raios. Como o mesmo está apropriadamente conectado ao solo (atraves de um fio grosso), esta carga será totalmente transferida para a Terra.

Alerta: Devido ao poder das pontas, evite ficar de pé durante tempestades em locais abertos (pois você será a própria ponta) ou próximo a objetos pontiagudos, como árvores ou postes.



O inventor desse aparelho, que impede muitas catástrofes, foi Benjamin Franklin em meados de 1750.

A região de proteção do pára-raios é um círculo em torno do edifício de diâmetro aproximadamente igual a cinco vezes a altura de onde o mesmo está posicionado.

– Mas o site não explicou o que é trovão – disse Tales, desapontado, após ler o e-mail.

– É verdade – falou Patrícia, pegando um livro de física. – Quem sabe não encontramos a resposta para sua dúvida aqui. Não falei, aqui está: “Trovão resulta da rápida expansão do ar, aquecido pelo calor produzido pelo raio”.

– Ora vejam só! – exclamou Marcelo, assim que Patrícia terminou sua leitura. – O nosso dedo tem a mesma função do fio metálico ligado à Terra no pára-raios, serve para conduzir as cargas elétricas. Isso significa que o pára-raios neutraliza as nuvens?

– Não – disse Pedro. – O pára-raios oferece ao raio um caminho mais fácil até o solo que é ao mesmo tempo seguro para nós e para o que pretendemos proteger. Mas podemos escrever para o site perguntando como podemos neutralizar o efeito produzido pela carga.

– Pois vamos – falou Marcelo, indo em direção ao computador.



Eu estou enviando uma tarefa, que mostrará a vocês como neutralizar o efeito das cargas elétricas. Para isso vocês necessitarão construir um detector de cargas e sugiro que façam um pêndulo eletrostático.

Não coloquei as medidas do pêndulo porque elas dependerão do tamanho da peneira de metal que vocês usarão. É necessário apenas que o pêndulo caiba dentro dela.

SIMULAÇÃO DA GAIOLA DE FARADAY

ATIVIDADE 12

Você vai precisar de: 2 canudos de plástico sanfonado, linha, folha de alumínio, papel higiênico, isopor, fita adesiva, tesoura e 1 peneira de metal.



1 - Dobre um canudo de modo que ele forme um L e fixe-o no isopor. Amarre uma linha na extremidade do canudo e, em seguida, cole com fita adesiva um disco de folha de alumínio na ponta da linha.



2 - Atrite um canudo com papel higiênico e aproxime-o do disco de alumínio. O que acontece com o disco.



3 - Agora coloque a peneira de metal em cima do pêndulo. Em seguida aproxime o canudo eletrizado nela. O que acontece com o disco.

– Nossa Senhora! Isso parece mágica! – exclamou Tales, fazendo uma demonstração. – Vou aproximar o canudo eletrizado do pêndulo, viu como ele mexe. Agora colocarei a peneira de metal em cima dele, e em seguida aproximarei o canudo eletrizado, percebam que nada acontece com o pêndulo, ele nem se move, por quê?

– Estamos tão surpresos quanto você – disse Pedro – e também não sabemos explicar porque isso acontece. Vamos escrever para o Luiz Antônio falando que fizemos tudo como ele tinha proposto e que percebemos que a peneira bloqueia o efeito do canudo eletrizado sobre o pêndulo, mas não sabemos qual o motivo.

Tanto concordaram com Pedro que foram para o computador naquele instante, redigir o e-mail.

A resposta foi imediata.



Garotos, sugiro que procurem nos livros de física o assunto o título "Blindagem Eletrostática". Isso os ajudará a entender qual é o papel da peneira. Mas, antes peço que executem uma outra tarefa, talvez ela esclareça ainda mais suas dúvidas.

Proteção contra carga elétrica

ATIVIDADE 13

Você vai precisar de: Cartolina, 2 tiras de papel de seda para balas, 2 canudos de plástico, isopor, papel higiênico, tesoura, cola branca e fita adesiva.



1 - Corte uma cartolina na forma de um retângulo (7x15) cm. Cole duas tiras de papel de seda uma em cada face do retângulo. Em seguida, cole as extremidades do retângulo na forma de um cilindro. Como suporte para o cilindro utilize um canudo. Fixe o canudo em um pedaço de isopor.

2 - Eletrize o cilindro por indução, isto é, aproxime um canudo eletrizado dele.



3 - Mantendo o canudo na sua posição, encoste a ponta do dedo por fora no cilindro.

4 - Retire o dedo e depois o canudo. Observe o que acontece com as tiras de papel de seda.



– Isso é um espanto! – disse Pedro, depois que eletrizou o cilindro. – Consequimos fazer uma superfície ficar eletrizada e a outra neutra, afinal a tira de fora do cilindro foi repelida e a de dentro ficou caída sobre a cartolina.

– Alto lá! A tira de dentro não levantou porque você eletrizou o cilindro por fora – falou Tales, duvidando de Pedro.

– Tenho certeza se nós colocarmos o canudo eletrizado dentro do cilindro as duas tiras ficarão erguidas.

– Não devemos ficar com nenhuma dúvida – disse Pedro – vamos colocar o canudo dentro do cilindro e ver o que acontece.

Atritaram o canudo com papel higiênico e depois colocaram-no dentro do cilindro.

– Tenho que concordar, eu estava errado! – reconheceu Tales. – Porque mesmo colocando o canudo dentro do cilindro e eletrizando-o por indução apenas a tira que está presa fora se levanta. Isso significa que as cargas em excesso estão todas na superfície externa do cilindro (e na tira externa também).

– A questão agora é, por que as cargas acumulam-se na superfície externa do cilindro? – questionou Marcelo.

– Acredito que para esclarecer essa dúvida, precisaremos descobrir o que é “Blindagem eletrostática” – falou Pedro. – Afinal essa sugestão não deve ter sido dada à toa pelo Luiz Antônio.

Pedro, fascinado com as descobertas, havia comprado vários livros, em um deles existia uma explicação sobre “Blindagem eletrostática” cujo conteúdo versava sobre Michael Faraday (1791 - 1867) um físico, que realizou a seguinte experiência: ele entrou no interior de uma gaiola metálica com um eletroscópio de folhas nas mãos. Em seguida seu auxiliar eletrizou a gaiola. Faraday nada sofreu e o eletroscópio não detectou cargas. Com isso, ele comprovou que no interior de uma superfície condutora da mesma não havia cargas e que elas ficavam na superfície mais externa.

– Pessoa! Aqui está a resposta que procurávamos. – afirmou Pedro, com o livro na mão. – Quando eletrizamos o cilindro, ele ficou com excesso de cargas positivas. Como cargas iguais se repelem, elas ficaram o mais distante possível umas das outras, por isso acumularam-se na superfície externa. Não tendo carga no interior do cilindro, conseqüentemente não haverá força ou campo elétrico, e por isso a tira de dentro não levantou.

– Agora sim – disse Marcelo – eu entendi porque o pêndulo não mexe quando está no interior da peneira metálica. Aproveitando que estamos falando nisso, eu tenho uma dúvida que vem me intrigando há muito tempo e acredito que a resposta esteja relacionada com os conceitos que acabamos de discutir.

E prosseguiu Marcelo:

– Eu já reparei que o rádio do carro do meu pai não funciona quando a antena não está erguida. Alguém sabe responder por quê?

– Isso é um caso curioso! – disse Pedro, coçando a cabeça. – Mas nós podemos comprovar se isso é verdade, simulando uma situação parecida com a do rádio dentro do carro sem antena. Primeiro nós vamos colocar um rádio de pilha ligado dentro de uma panela e depois tampá-la. Será que continuaremos a ouvir o rádio?

Marcelo pegou o rádio de pilha que o pai usava para ouvir o futebol e uma panela de sua mãe. Primeiro sintonizaram uma estação de rádio e aumentaram o volume, de modo que desse para ouvir quando o aparelho estivesse dentro da panela, mas quando colocaram o rádio ligado dentro da panela e tamparam-na, não conseguiram ouvi-lo.

– Isso é inacreditável! Não é possível ouvir o rádio quando tampamos a panela. Por quê, Pedro? – perguntou Tales.

– Era o que eu esperava mas, infelizmente, eu não sei explicar!!! – disse Pedro. – Vamos escrever para o Luiz Antônio contando o que fizemos e depois pedimos uma explicação.



Estou muito contente com o progresso de vocês. Realmente a explicação para o fato do rádio não funcionar no interior do carro ou da panela tampada é a mesma.

Para sintonizar uma estação de rádio é necessário que a antena receba da estação transmissora uma onda de rádio que contenha todas as informações, como a música e a voz do locutor. Vocês devem estar se perguntando o que é uma onda de rádio? Agora é suficiente que saibam que uma onda de rádio é composta por campos elétricos e magnéticos.

Como em ambos os casos o rádio encontra-se dentro de uma superfície condutora fechada a onda de rádio, não consegue atingi-lo, porque o campo elétrico no interior da panela e do carro é zero, fato comprovado na atividade 12. Em suas aulas de física certamente você aprenderá melhor estas idéias.

– *Eu tenho que confessar a vocês* – disse Pedro, após ler o e-mail – *estou cada dia mais fascinado pela ciência.*

– *Pedro! Todos nós estamos encantados.* – falou Patrícia, sorrindo.

– *Eu estive pensando sobre nossas descobertas* – comentou Tales. – *Será que tudo isso serve apenas para mágica?*

– *Bom! Eu sei que todos esses conceitos são ensinados na escola* – Pedro completou logo em seguida.

– *Ah! Eu duvido que tudo isso não tenha uma aplicação* – avisou Patrícia. – *Vamos escrever para o Luiz Antônio contando nossas dúvidas, pois tenho certeza que ele poderá nos ajudar.*

E a resposta veio imediatamente.



Há várias aplicações dos conceitos de eletrostática em nosso cotidiano. Uma delas é fotocopiadora Xerox.

O funcionamento dela é bastante simples e utiliza conceitos básicos de eletrostática.

O seu inventor foi o americano Chester F. Carlson (1906 - 1968) em meados 1937. Como o ditado diz: "Necessidade é freqüentemente chamada a mãe da invenção", no caso da criação da fotocopiadora Xerox não foi diferente.

Carlson, na juventude, trabalhava em um escritório de patentes, mas o trabalho exigia que ele fizesse várias cópias de um mesmo documento. Para facilitar o seu trabalho, dedicou-se a criar uma máquina que fizesse cópias. Depois de intensas pesquisas, ele descobriu que existiam materiais que mudavam suas propriedades elétricas quando expostos à luz e deduziu que esses materiais poderiam ser utilizados para a construção da sua máquina.

Para que vocês entendam melhor, estou lhes enviando ilustrações que mostram os processos da fotocopiadora Xerox proposta por Carlson.

Atenção: Não tentem reproduzir os procedimentos citados abaixo, porque o enxofre é prejudicial à saúde.

1) Primeiro ele cobriu com enxofre (material fotocondutor, que é bom isolante no escuro e, comporta-se como condutor quando exposto à luz) uma placa de zinco.

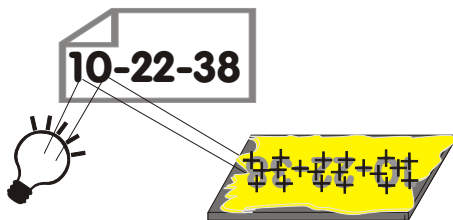


2) Depois Carlson, no escuro, eletrizou com cargas positivas o enxofre. Essas cargas, por sua vez, distribuíram-se uniformemente pela superfície do enxofre.

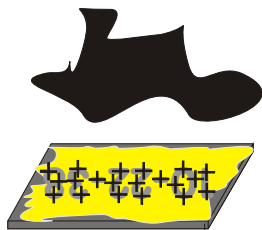


3) Em seguida, ele pegou uma folha que tinha impressa "10-22-38" e projetou uma luz sobre ela, de modo que a imagem fosse refletida na placa de zinco coberta com enxofre.

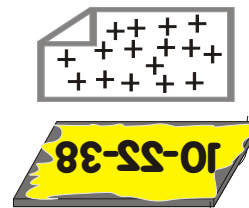
A imagem "10-22-38", formou no enxofre áreas escuras nas regiões das letras, mantendo nesses locais as cargas positivas, porque no escuro o enxofre comporta-se como isolante. Já na área iluminada, comporta-se como um condutor, portanto, as cargas positivas contidas no enxofre, adquiriram mobilidade, atraindo as cargas negativas do zinco e, neutralizaram-se apenas na área iluminada.



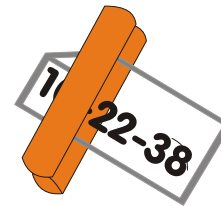
4) Ele, então, jogou um pó preto eletrizado negativamente sobre o enxofre. Esse pó, por sua vez, foi atraído para as regiões que estavam eletrizadas positivamente.



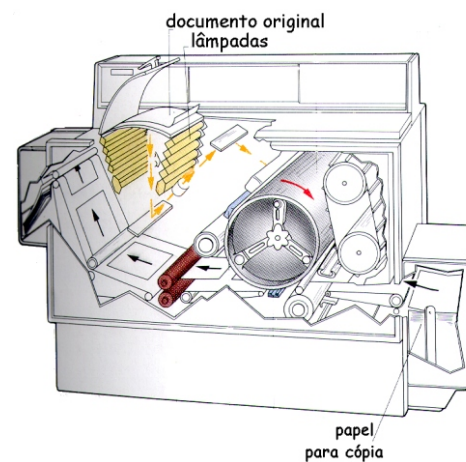
5) Enquanto isso Carlson eletrizou uma folha em branco, com um número maior de cargas positivas do que as contidas no enxofre. Todo o pó foi atraído pela folha porque a força de atração era maior do que a força que mantinha o pó preso no enxofre.



6) Para o pó aderir nas fibras de papel, o conjunto pó e o papel passam por cilindros quentes.



A fotocopiadora Xerox que usamos hoje é bem parecida com a descrita acima, apenas com algumas modificações. Usa-se selênio no lugar do enxofre, porque ele é mais eficaz no processo da fotocondutividade. Trocou-se a placa por um cilindro e o pó preto usado é o toner.



Mas não param aqui as aplicações da eletrostática; limpeza de fumaça lançada pelas chaminés de algumas indústrias, máquina de Van de Graaf para acelerar partículas eletrizadas e a impressora jato de tinta são outros exemplos entre vários da utilização dos conceitos da eletrostática.

As férias escolares de julho haviam chegado e cada um iria viajar com suas famílias por um mês.

Na última reunião antes de viajarem a mãe de Marcelo preparou um lanche especial. A algazarra foi total. Enquanto conversavam, o quarto onde estavam escureceu. Pedro, instantaneamente foi conferir se havia acabado a energia ou se a lâmpada tinha queimado. E, descobriu que a lâmpada havia queimado. Como naquele momento não tinha ninguém em casa, terminaram a reunião sob a luz de uma lanterna.

Pedro, insatisfeito com aquela situação, questionou os colegas.

– Existe uma relação entre os conceitos aprendidos nas experiências e a eletricidade responsável por manter as lâmpadas acesas? Pensemos nisso!

Lista de materiais



Na foto acima estão todos materiais necessários para a realização das atividades propostas. Primeiramente faremos algumas recomendações quanto ao uso deles e, quando possível sugeriremos outros materiais.

1- Os canudos plásticos são os utilizados para tomar refrigerante. Deve-se ressaltar que eles não podem ter sido usados anteriormente. Quanto aos canudos sanfonados são necessários apenas na construção do pêndulo eletrostático, mas isso não impede que você os use em todas as atividades. Observa-se também que alguns canudos eletrizam-se mais eficientemente do que outros, portanto caso esteja tendo dificuldade troque a marca.

2- Os canudos deverão ser atritados da seguinte forma: passe o papel higiênico sempre na mesmo sentido e com força. Evite usar o mesmo pedaço de papel higiênico ao eletrizar um objeto.

3- É recomendável papel higiênico macio e de preferência retirado recentemente da embalagem. Ele poderá ser trocado por uma flanela limpa e seca ou melhor ainda um retalho de tecido de lã puro ou mesmo uma pele de animal peludo (até nosso cabelo).

4- As tiras de papel de seda recomendadas em várias atividades podem ser retiradas das franjas de papel usado para embrulhar balas de aniversário. Cuidado, pois a experiência poderá fracassar se o papel estiver úmido ou engordurado.

5- O vidro usado na construção do eletroscópio de folhas, poderá ser qualquer recipiente transparente e descartável. Cuidado com a umidade do ar pois o vapor d'água costuma se depositar sobre o vidro em gotículas invisíveis.

6- A linha utilizada em todas as atividades deve ser leve.