

# Ô, raios!



Fazia tempo que não chovia. O ar estava seco.

Maristela passava um pente de plástico no cabelo enquanto era observada por Ernesto.

- Olha como o cabelo é atraído pelo pente! Parece que quem faz isso é a eletricidade!

- É verdade. Eu já vi isso na Estação Ciência. Era verdadeiramente um experimento de arrepiar os cabelos. Uma pessoa estava em cima de um banquinho, ligada a uma máquina que produzia eletricidade. À medida que ela ia recebendo eletricidade, seus cabelos ficavam cada vez mais arrepiados. Além disso, a máquina era capaz de produzir faíscas enormes. Pareciam até relâmpagos!



## O início da eletricidade

A eletricidade está presente na vida cotidiana de todos nós: em lâmpadas, rádios, TV, motores e muitas outras coisas. Mas nós não conseguimos ver nem ouvir a eletricidade propriamente dita. É claro que vemos a luz de uma lâmpada que foi gerada pela eletricidade. O mesmo acontece com o som de um rádio ou televisão; quem isso tudo é a eletricidade. Mas nossos conhecimentos sobre a eletricidade foram, durante muito tempo, muito reduzidos.

O âmbar é uma espécie de resina produzida por árvores há milhões de anos. Depois da morte da árvore, e com o passar do tempo, essa resina transforma-se numa pedra amarelada que recebe o nome de âmbar. Algumas vezes, um inseto aprisionado na resina solidificava-se junto com o âmbar. Esse é mais um atrativo para o estudo dessas pedras.

Há cerca de 2.500 anos, o filósofo grego Tales observou que, quando atritava um pedaço de âmbar num pedaço de couro macio, o âmbar era capaz de atrair objetos leves, como penas ou pedaços de palha.

Talvez Tales estivesse preocupado apenas em polir o âmbar para melhor observar um inseto no seu interior, ou para torná-lo mais brilhante. Porém, quando o âmbar foi atritado, adquiriu outra característica, além do brilho. Ele tornou-se capaz de atrair pequenos objetos. Ele adquiriu **eletricidade!** O nome eletricidade vem dessa época, pois **elétron** era, exatamente, o nome do âmbar em grego antigo.

O âmbar reinou sozinho durante quase 2.000 anos como a única substância conhecida que, quando atritada, era capaz de atrair pequenos objetos.

### O versorium de Gilbert

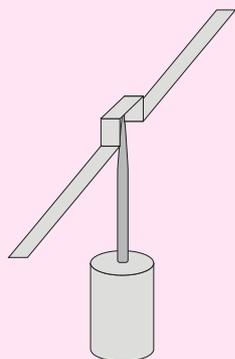


Figura 1

Gilbert construiu seu aparelho usando os mesmos princípios utilizados numa bússola.

Esse aparelho era feito com uma haste metálica muito leve, cuja parte central era apoiada numa espécie de alfinete pontiagudo. A haste tinha a forma de uma flecha, para que se soubesse em que direção ela apontava. Daí o nome versorium de Gilbert. **Versorium** é uma palavra latina que indica direção.

Você pode construir um versorium de Gilbert usando uma tira de lata de refrigerante ou de cerveja. A tira é dobrada, como mostra a figura, e equilibrada num alfinete espetado numa rolha. O alfinete deve ser cortado antes e sua ponta deve estar para fora da rolha.

Em 1600, o inglês **William Gilbert** estava interessado em estudar problemas relacionados ao magnetismo de certos materiais, ao magnetismo terrestre e coisas semelhantes. Gilbert notou que o comportamento do âmbar atraindo pequenos objetos era parecido com o de um ímã, atraindo pequenos pedaços de ferro. Como Gilbert já tinha usado bússolas para estudar o comportamento dos ímãs, construiu um aparelho que parecia uma bússola, mas cuja agulha não era feita de material magnético. Dessa maneira, quando ele passava um ímã perto de seu aparelho, chamado de versorium, a agulha não era atraída pelo mesmo. Com esse aparelho, Gilbert passou a estudar outras substâncias e descobriu que muitas comportavam-se como o âmbar. Quando atritadas com um pedaço de couro macio, eram capazes de atrair a agulha do aparelho.

Gilbert descobriu assim, muitos materiais eletrizáveis, isto é, capazes de adquirir eletricidade quando atritados. “Da mesma maneira que acontece com o âmbar”, segundo as palavras de Gilbert.

Então, apesar de existirem semelhanças até quanto ao instrumento usado nas análises de Gilbert, as atrações magnéticas e elétricas eram diferentes. Um ímã não atrai a agulha de um versorium, mas atrai a agulha de uma bússola. Um corpo eletrizado atrai as duas agulhas. Explicar o comportamento dos corpos eletrizados é o objetivo principal desta aula.

Hoje em dia temos uma quantidade enorme de substâncias que podem ser eletrizadas quando atritadas com outras. Os plásticos são os melhores representantes disso. O pente usado por Maristela, atraindo seus cabelos, pode bem servir de exemplo. A atração do cabelo pelo pente é um fenômeno elétrico. Se aproximássemos um ímã do cabelo de Maristela, o ímã não iria, é claro, atrair o cabelo de Maristela. Essa atração não é magnética.



## Atração e repulsão

Para estudar um pouco mais o comportamento dos corpos eletrizados, ou seja, para entrar na parte da **eletrostática** propriamente dita, vamos construir um pequeno aparelho que vai nos esclarecer bastante. Para isso você vai necessitar de material muito semelhante ao que é utilizado na construção de um versorium de Gilbert: uma rolha, um alfinete e canudos de refresco, além de um pedaço de isopor, um saco plástico (de lixo) e papel higiênico.

Espete o alfinete na rolha, deixando a ponta dele para fora. Dobre o canudo de refresco na metade e tente equilibrá-lo na ponta do alfinete, como aparece na Figura 2. Para isso, o canudo deve ser um pouco amassado. Se o canudo ficar batendo na superfície de apoio, coloque tudo sobre uma pequena caixa ou um suporte qualquer.

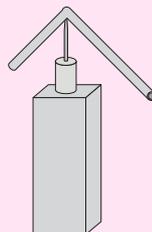


Figura 2

Retire o canudo de sua posição e atrite uma de suas extremidades com o papel higiênico. Para isso, proceda da seguinte maneira: segure o canudo, envolva-o com o papel, aperte firmemente o papel e puxe. Veja que, quando você aproxima o dedo do canudo, o canudo parece atraído pelo dedo. Se, agora, você atritar outro canudo com o papel higiênico e aproximá-lo do canudo suspenso, ele será repelido. Conclusão: os corpos carregados eletricamente podem atrair um corpo neutro ou ser repelidos por outros carregados.

Atrite agora o pedaço de isopor com papel higiênico e, em seguida, aproxime o isopor do canudo. Você vai notar que o canudo é atraído. Se você tivesse atritado o isopor no saco plástico, o isopor iria repelir o canudo. Ou seja: os materiais, quando atritados uns com os outros, podem se comportar de duas maneiras diferentes, atraindo-se ou repelindo-se.

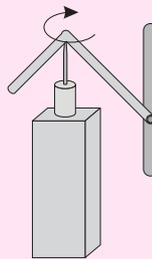
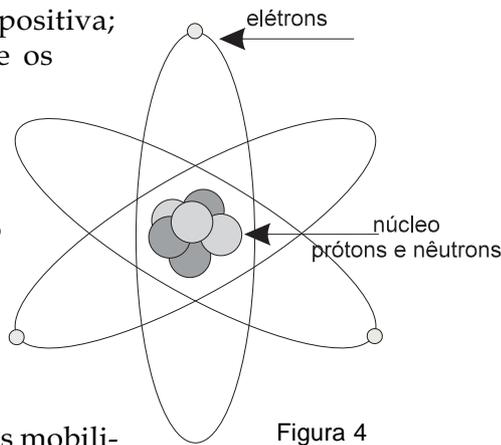


Figura 3

Quando os dois materiais estão se repelindo, diremos que durante o atrito eles adquiriram **cargas elétricas** iguais. Se eles se atraem, diremos que adquiriram cargas elétricas opostas. Essas cargas opostas são denominadas positivas e negativas. Assim, podemos dizer que dois objetos que tiverem cargas de mesmo sinal se repelem e, se tiverem cargas de sinal contrário, se atraem.

Para que o homem pudesse compreender melhor esse processo, foi necessário descobrir do que é feita a própria matéria. Hoje sabemos que todos corpos são constituídos por átomos, e que os átomos são constituídos por partículas menores: os prótons, elétrons e nêutrons.

Os prótons possuem carga elétrica positiva; os elétrons possuem carga negativa e os nêutrons, como o próprio nome indica, são desprovidos de carga elétrica. Os prótons e nêutrons ocupam a parte central do átomo - o núcleo. Os elétrons orbitam ao redor do núcleo. O número de prótons e de elétrons em um átomo em estado normal é o mesmo. Quando atritamos um canudo de refresco com o papel, estamos transferindo cargas elétricas de um para outro. As cargas de mais mobilidade no átomo, os elétrons, são as que são



deslocadas durante o processo. Assim, quando o canudo é atritado com o papel, uma certa quantidade de elétrons passa do papel para o canudo. O canudo fica, dessa maneira, com excesso de cargas negativas. Ele fica carregado negativamente.

O papel, por ter perdido esses elétrons, fica carregado positivamente durante certo tempo. Dizemos “durante certo tempo” porque os corpos carregados vão acabar atraindo cargas de sinal oposto às cargas que têm em excesso, voltando a ser neutros.

O ar, os objetos que nos rodeiam e a Terra, principalmente, são os responsáveis pelo fornecimento dos elétrons de que os corpos carregados positivamente necessitam. Para esses lugares também vão os elétrons dos corpos que estão carregados negativamente.

## Maneiras de carregar eletricamente um corpo

### Carregando por contato

Já vimos que é possível carregar um canudo de refresco atritando-o com papel higiênico. Mas, se segurássemos um pedaço de metal para atritá-lo com outro material, com o objetivo de carregar eletricamente esse metal, seríamos mal-sucedidos. Isso porque os seres humanos e os metais são **bons condutores** de eletricidade, isto é, as cargas elétricas passam facilmente por nosso corpo e pelos metais. Assim, mesmo que conseguíssemos arrancar alguns elétrons durante o processo, essas cargas seriam neutralizadas quase imediatamente. Elas acabariam indo para a Terra.

Alguns materiais, como o papel, conduzem a eletricidade em certas condições, quando o ar não está muito seco, por exemplo. Como veremos pouco mais adiante, as voltagens envolvidas em alguns experimentos simples que descreveremos são bastante elevadas. Mas, apesar disso, não existe perigo algum em realizar as atividades propostas.

Existem também os corpos que não permitem que as cargas elétricas passem facilmente através deles. São os maus condutores ou **isolantes**. O canudo de refresco é um bom isolante.



Mas, será que conseguiríamos carregar uma folha de metal? A resposta é afirmativa. Vamos fazer um experimento que demonstra como isso pode ser conseguido. Como não podemos segurar o metal, pois as cargas acabariam indo para Terra, devemos segurar o metal com um isolante.

A Figura 5 mostra o material de que precisamos. Um pedaço de metal (uma tampa de lata ou um pedaço de papel de alumínio) é colado num canudo de refresco. O conjunto é suportado por massinha de modelar (ou pode ser espetado numa batata).

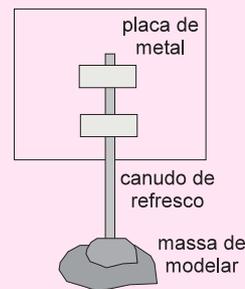


Figura 5

Agora podemos carregar um canudo de refresco por atrito com papel e passar esse canudo, várias vezes, sobre a parte metálica. Algumas cargas do canudo vão passar para a placa metálica. A placa vai ficar com a mesma carga que o canudo. Podemos verificar isso usando o nosso versorium feito com canudo. Se carregarmos o canudo do versorium atritando-o com papel e, em seguida, aproximarmos a placa carregada, veremos que o canudo é repellido.

Para carregar a placa foi necessário tocá-la com o canudo. Por isso, esse método é denominado **carregar por contato**.

### Carregando por indução

Se a carga de um canudo de refresco atritado com um papel higiênico é negativa, quando carregamos por contato a placa metálica, a carga obtida é também negativa. Mas existe uma maneira de carregar positivamente a mesma placa, com o mesmo canudo. É o que chamamos de **carregar por indução**.

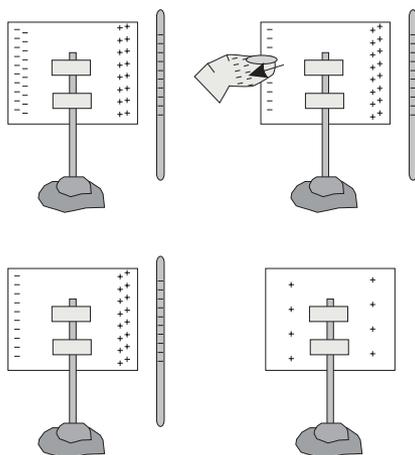


Figura 6

Observe a seqüência da Figura 6. De início temos a placa metálica que está eletricamente neutra; o canudo, carregado negativamente, está próximo da placa. Ora, o canudo vai repelir os elétrons para o lado oposto. Assim, na placa, perto do canudo, teremos cargas positivas. Do lado oposto, cargas negativas. No total, porém, temos o mesmo número de cargas positivas e negativas dentro da placa. Ela está, globalmente, neutra. Se retirarmos o canudo de sua posição, tudo volta a ser como era antes: placa neutra.

Veja agora o que se passa na segunda figura. Encostamos um dedo na placa e aproximamos o canudo carregado negativamente. As cargas negativas do canudo repelem as cargas negativas da placa; algumas das cargas negativas passam para o dedo. Quando retiramos o dedo, aquelas cargas que tinham penetrado nele não podem mais voltar. Finalmente, quando o canudo é retirado, vão ficar espalhadas pela placa algumas cargas positivas. Esse processo chama-se **carregar por indução**. Note que quando carregamos um corpo por indução usando um objeto carregado negativamente, o corpo vai ficar carregado positivamente, e vice-versa.

## Como um corpo carregado atrai um corpo descarregado



Figura 7

Vamos construir mais um dispositivo que vai nos permitir entender melhor o nosso assunto. Para isso precisamos de três canudos de refresco, um pouco de massinha de modelar, fio de meia de nylon, fita adesiva, um pedaço de papel de alumínio, cola branca e papel higiênico. Com isso construiremos o aparelho semelhante ao que está na Figura 7.

Inicialmente recortamos um pequeno disco de papel de alumínio e o colamos no fio de meia. Em seguida, a outra extremidade do fio é colada num canudo. Unimos os dois canudos com fita adesiva e espetamos o conjunto num pedaço de massa de modelar (ou numa batata, como já dissemos). Esse dispositivo é denominado **pêndulo eletrostático**.

Se agora atritarmos o canudo com o papel higiênico e o aproximarmos do disco do pêndulo eletrostático, o disco, mesmo estando neutro, vai ser atraído pelo canudo. Isto acontece porque, como vimos, as cargas se separam quando aproximamos um canudo carregado de um pedaço de metal. O que vai acontecer? Existem cargas que empurram o pêndulo na direção do canudo e um mesmo número de cargas que o empurram na direção contrária. Quem vai vencer? Como as cargas positivas do pêndulo estão mais perto do canudo, elas serão atraídas com mais força. Então, todo o pêndulo vai se mover na direção do canudo. Ver Figura 8.

O que vai acontecer depois disso? O disco atraído pelo canudo toca o canudo e recebe uma carga igual à dele (ele é carregado por contato). Agora, os dois estão com a mesma carga e vão se repelir.

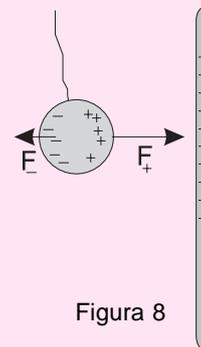


Figura 8

Em todos os métodos de carregar eletricamente um corpo que descrevemos, as cargas, depois de serem transferidas de um corpo para outro, permanecem dentro desse corpo e não se movimentam para outros lugares. Por isso chamamos de **eletrostática** esta parte da eletricidade.

## O eletroscópio – um aparelho para detectar cargas elétricas

Para saber se um corpo está carregado eletricamente ou não, podemos usar os mais diversos aparelhos. Mesmo um pêndulo serviria para saber se um corpo está ou não carregado. Todavia, o mais aparelho mais conhecido é o eletroscópio de folha. Antigamente ele era chamado de eletroscópio de folhas de ouro, metal utilizado em sua confecção.



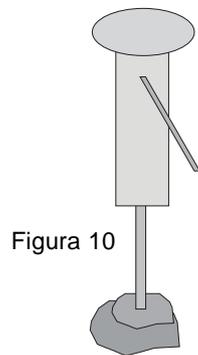
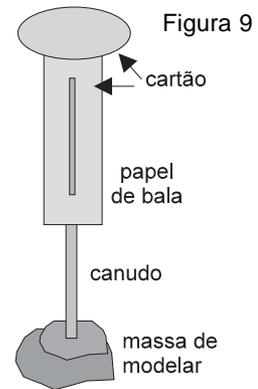


Para construir o eletroscópio precisamos de um pedaço de cartão, canudos de refresco, massa de modelar, uma tirinha de papel de bala (do tipo usado para embrulhar balas de coco em aniversários), cola e fita adesiva.

Recorta-se um retângulo de cartão de 2,5 cm por 11 cm aproximadamente. Em seguida recorta-se, do mesmo cartão, um círculo de uns 4 cm de diâmetro. Esse círculo é colado, com fita adesiva, numa das extremidades do retângulo. Ver Figura 9.

Depois cola-se uma tirinha de papel de bala na parte superior do retângulo. A fita deve ser colada apenas por sua parte superior.

A parte inferior da fita deve poder se mover livremente. Todo esse conjunto é colado com fita adesiva num canudo de refresco.



O eletroscópio pode, agora, ser usado. Inicialmente vamos carregá-lo por contato. Para isso, basta carregar um canudo por atrito e passá-lo no disco do eletroscópio. Todo o eletroscópio adquire a carga do canudo e, como a tirinha de papel tem a mesma carga do cartão, ela é repelida. Ela vai ficar como está representado na Figura 10.

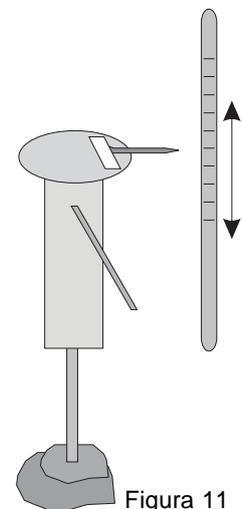
Como o eletroscópio foi carregado por contato com o canudo, ele vai ficar negativo. Todas as suas partes estarão negativas. Assim, se aproximarmos um objeto carregado positivamente da lingüeta do eletroscópio, ela será atraída. Se o corpo tiver cargas negativas, a lingüeta será repelida.

O eletroscópio pode ser também carregado por indução, com auxílio do mesmo canudo. Para isso, basta aproximar o canudo do disco do eletroscópio e tocar, com o dedo, qualquer parte do eletroscópio. Em seguida, é preciso retirar o dedo e, depois, afastar o canudo. O eletroscópio carrega-se, dessa maneira, positivamente. Os testes da carga de outros objetos pode ser feitos de maneira análoga à anterior.

O eletroscópio serve também para testar se determinado material é isolante ou condutor. Para isso, basta carregá-lo por contato ou por indução. A lingüeta se abre. Em seguida, seguramos o material que queremos testar e tocamos o eletroscópio com ele. Se o objeto for um bom isolante, a lingüeta permanecerá aberta. Se o material for um bom condutor, ela se fechará imediatamente.

Uma outra utilidade do eletroscópio é mostrar que os corpos podem ser carregados por meio de uma descarga elétrica. Para isso, prendemos um alfinete no disco do eletroscópio com uma fita adesiva, como aparece na Figura 11.

Carregamos então, por atrito, um canudo de refresco. Passamos o canudo perto da ponta do alfinete, mas sem tocá-lo. Podemos observar que a lingüeta do eletroscópio vai se abrir e permanecer aberta, mostrando que houve uma passagem de cargas entre o canudo e o eletroscópio.



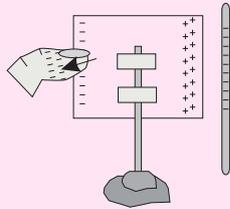
Nesta aula você aprendeu:

- como os antigos interpretavam os fenômenos elétricos e a relação desses fenômenos com os fenômenos magnéticos;
- como carregar eletricamente um objeto;
- como construir um pêndulo eletrostático e um eletroscópio.



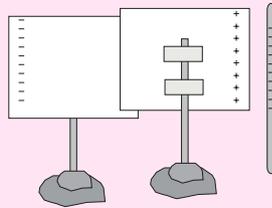
### Exercício 1

Uma placa metálica está descarregada (ver figura abaixo). Aproximamos dela um canudo carregado negativamente. Tocamos a placa com o dedo. Retiramos o canudo. O que vai acontecer?



### Exercício 2

Duas placas metálicas descarregadas estão encostadas, como mostra a figura. Aproximamos delas um canudo carregado negativamente e, sem retirar o canudo, afastamos uma placa da outra. Após a retirada do canudo, como ficarão as placas?



### Exercício 3

Um eletroscópio está carregado positivamente. Então, a lingüeta dele está aberta. Se aproximarmos um canudo carregado negativamente do disco do eletroscópio, o que vai acontecer com a lingüeta do eletroscópio?

