

Referências bibliográficas:

H. – 23-2, 23-3, 23-5, 23-6

S. – 22-2, 22-3, 22-4

T. – 18-1, 18-2

Aula 1 – Cargas Elétricas



Benjamin Franklin (* Boston, 1706, + Pennsylvania, 1790) é um dos pais fundadores dos Estados Unidos. Foi empresário, político, diplomata, cientista e inventor, entre inúmeras outras atividades. A partir de 1749, após uma bem-sucedida carreira no ramo gráfico, começou a pesquisar a eletricidade. Ele foi o pioneiro a distinguir dois tipos de cargas elétricas: negativas e positivas. Em junho de 1752 ele realizou o famoso experimento do papagaio para mostrar que os raios conduziam eletricidade. Durante uma tempestade ele empinou um papagaio, e conseguiu mostrar que uma chave presa ao fio foi eletrizada. Outros experimentadores morreram na tentativa de reproduzir a experiência de Franklin que, a partir dela, inventou o pára-raios para atrair as descargas atmosféricas sem que estes causassem danos.

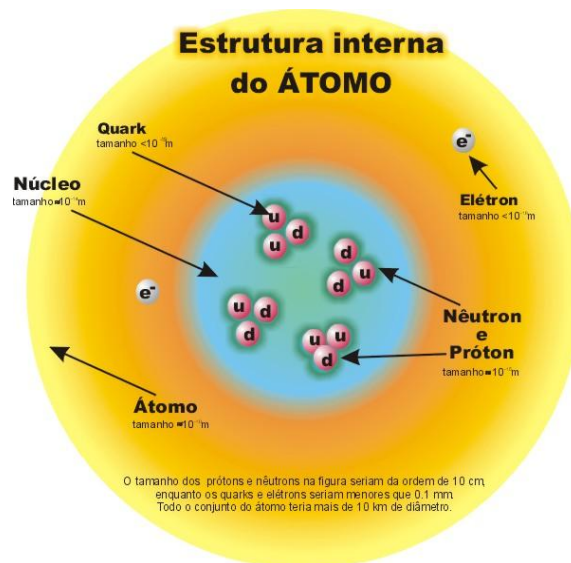
A força eletromagnética é uma das quatro forças fundamentais da Natureza (as outras três são a força gravitacional, a força nuclear forte e a força nuclear fraca). Ela é a responsável pelas forças de atrito, forças elásticas e de contacto com as quais lidamos no estudo da Mecânica. As forças elétricas e magnéticas eram vistas, no passado, como coisas distintas, até que em 1820 Oersted mostrou que elas estavam correlacionadas.

Eletrostática ou eletricidade estática: fenômenos já eram conhecidos pelos gregos da Antiguidade, que observaram no âmbar a propriedade de atrair pequenos objetos, ao ser

atritado com lã. O termo grego para âmbar é *elektron*. Um estudo científico sistemático da eletrostática só foi iniciado no século 18. Acreditava-se, a princípio, que a eletricidade fosse um fluido, que todos os objetos possuíam.

Benjamin Franklin acreditava na existência de um único tipo de fluido. Seu excesso levava ao aparecimento de uma carga positiva, ou vítrea. Sua deficiência, a uma carga negativa ou resinosa. Por exemplo, no vidro atritado ele observava carga vítrea, e no âmbar atritado, carga resinosa.

Charles duFay: dois tipos de fluido: positivo (vítreo) e negativo (resinoso). Cargas iguais se repelem, cargas diferentes se atraem.



Atualmente interpretamos a eletrostática com base na teoria atômica da matéria, consistindo em prótons (carga positiva), elétrons (carga negativa) e nêutrons (sem carga). Como a matéria não pode ser criada ou destruída, assim também a carga elétrica total é conservada em quaisquer circunstâncias. A matéria, no seu estado fundamental, tem carga elétrica total nula (nos átomos não-ionizados o número de prótons é igual ao de elétrons).

Quando objetos adquirem carga, são os elétrons que são transferidos de um objeto para outro, pois os prótons normalmente estão ligados aos núcleos atômicos. Exemplo: âmbar atritado com pele de animal: se o âmbar adquire 5 elétrons, fica com um excesso de carga negativa igual a -5 unidades. O pedaço de pele, ao perder 5 elétrons, fica com um excesso de carga positiva igual a +5 unidades.

Na prática, os objetos carregados perdem sua carga rapidamente devido à umidade do ar, que pode fornecer elétrons para neutralizar um excesso de carga positiva, ao aceitar elétrons para neutralizar uma carga negativa. Por este motivo, experiências com eletrostática funcionam melhor quando o ar tem baixa umidade relativa.

Tipos de materiais quanto à condutividade elétrica

- **Condutores:** materiais que permitem o fluxo de carga elétrica por seu interior. Exemplo: metais (ligação metálica = elétrons livres têm grande mobilidade), soluções iônicas (Ex.: água impura): pode haver movimento de íons positivos e negativos – seres vivos têm grande quantidade de água em sua composição!
- **Isolantes (ou dielétricos):** portadores de carga têm baixa mobilidade no material. Ex.: madeira, vidro, plástico, água destilada.
- **Semi-condutores:** os portadores têm uma mobilidade intermediária entre condutores e isolantes. Ex.: Silício e Germânio.
- **Super-condutores:** a mobilidade dos portadores de carga é infinitamente grande pois não há resistência à passagem de eletricidade. Essa propriedade só é observada a baixíssimas temperaturas. Ex.: Mercúrio abaixo de 4,2 K.

Eletrização: processos pelos quais materiais adquirem excesso de carga.

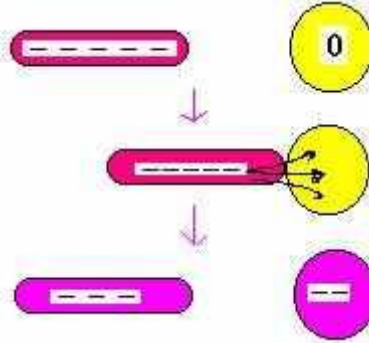
Eletrização por fricção: ocorre quando duas superfícies são esfregadas (triboeletricidade). Exemplos: esfregando vidro com seda = vidro carrega positivamente; esfregando âmbar com pelo = âmbar carrega negativamente.

Seqüência tribo-elétrica: quando quaisquer duas substâncias mostradas na lista abaixo são esfregadas, a de cima torna-se positivamente carregada, enquanto a de baixo é negativamente carregada. Quanto mais longe duas substâncias estão na lista, maior é a eletrização.

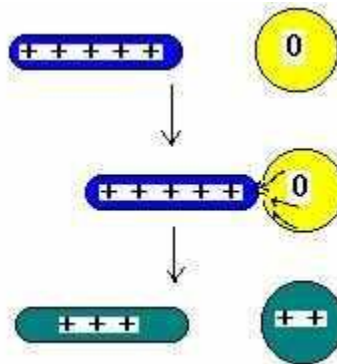
+
Asbestos
Pele de Coelho
Vidro
Mica
Lã
Quartzo
Seda
Pele humana, alumínio
Algodão
Madeira
Âmbar
Cobre, latão
Borracha
Enxofre
Celulóide
-

Eletrização por contato: de um objeto carregado com um outro neutro

1. Se o objeto carregado for negativo, elétrons fluem para o objeto neutro fazendo-o adquirir carga negativa. Ainda que o objeto originalmente negativo perca um pouco de sua carga negativa, ele ainda é negativo. O objeto originalmente carregado e o objeto que foi eletrizado repelem-se mutuamente pois ambos têm a mesma carga.

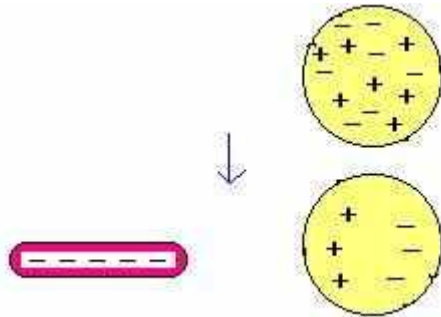


2. Se o objeto carregado é positivo, é o objeto neutro que perde elétrons para o objeto carregado. Como o objeto neutro perde carga negativa, ele adquire uma carga positiva. O objeto originalmente carregado termina com um pouco menos de carga positiva do que originalmente tinha. Os dois objetos repelem-se mutuamente por terem a mesma carga.

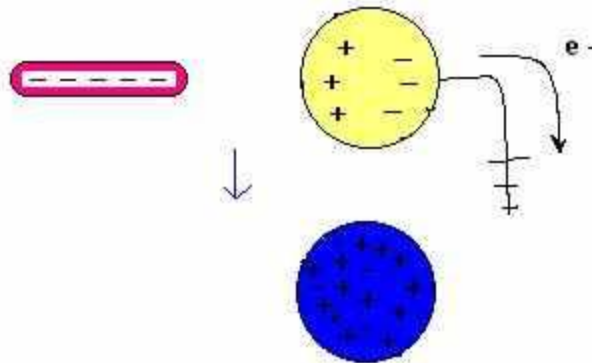


Eletrização por indução: não envolve contato entre os objetos

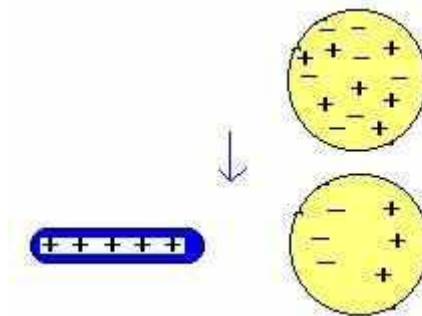
1. Devemos primeiramente induzir uma separação de carga usando o objeto carregado. Se um objeto negativamente carregado for colocado próximo a um condutor neutro, os elétrons deste serão repelidos pelo objeto negativamente carregado. Isso resulta numa separação de carga (“polarização”), com os elétrons separados tão longe quanto possível do objeto negativamente carregado



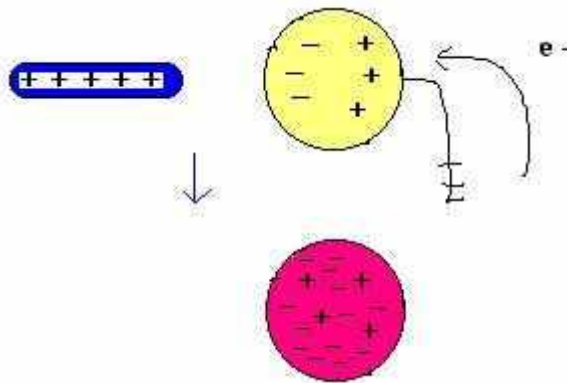
2. Neste ponto, o objeto ainda é neutro. Para carregá-lo precisamos criar uma passagem para as cargas negativas, aterrando o objeto, ou seja ligando-o à Terra por um fio condutor. Como os elétrons repelem-se mutuamente, eles irão fluir livremente para a Terra, deixando o objeto positivamente carregado. Este irá atrair (e ser atraído) pela carga negativa que induziu a separação de cargas.



3. Se considerarmos um objeto positivamente carregado colocado próximo a um condutor neutro, os elétrons deste serão atraídos para o objeto positivamente carregado. Isso resulta numa separação de cargas, com os elétrons acumulando-se tão próximo quanto possível da carga positiva. Isto produz um excesso de carga negativa próximo ao objeto positivamente carregado, e um excesso de carga positiva longe do mesmo.

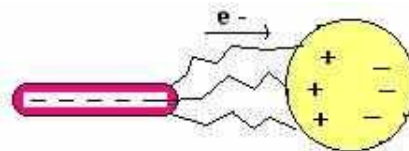


4. Como antes, o objeto ainda é neutro. Para eletrizá-lo nós o aterramos. Elétrons da Terra serão atraídos ao pólo positivo, e fluirão pelo fio condutor até o objeto neutro. Como o objeto adquiriu uma carga negativa, irá atrair (e ser atraído) pela carga positiva que induziu a separação de cargas original.

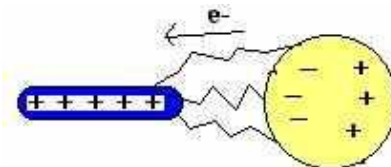


Descargas Elétricas: objetos eletrizados são instáveis, no sentido de que um objeto negativamente carregado tem um excesso de elétrons que repelem-se mutuamente. Podemos imaginar que, sendo dada a oportunidade, os elétrons irão afastar-se uns dos outros. Uma situação similar ocorre para objetos positivamente carregados. No entanto, como as cargas positivas são usualmente estacionárias, os elétrons é que serão atraídos ao objeto para aliviar (ou neutralizar) o excesso de carga positiva. Aterrar um condutor fornece uma maneira de descarregar um objeto eletrizado. No entanto, pode ocorrer também a formação de uma descarga elétrica, também conhecida por faísca ou arco voltaico.

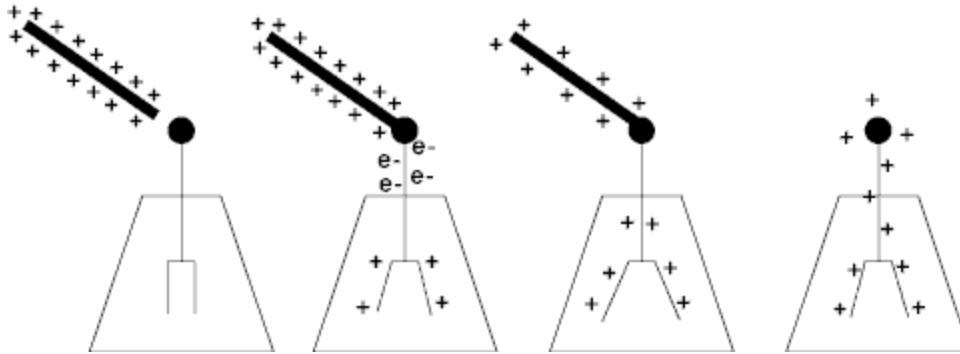
Quando um objeto altamente carregado é colocado próximo a um condutor, ele irá induzir uma separação de carga no condutor, como na eletrização por indução. Se o objeto carregado é negativo, a repulsão mútua dos elétrons e a atração dos mesmos pela carga positiva do objeto polarizado podem causar a formação de arco: os elétrons passam através de uma descarga no ar, do objeto negativo para o objeto neutro.



De forma análoga, um objeto com uma alta concentração de carga positiva induz uma separação de carga no objeto neutro, fazendo com que seus elétrons acumulem-se na extremidade próxima ao objeto positivo. Os elétrons irão repelir-se mutuamente e ser atraídos pelo objeto positivo. Pode haver formação de arco entre os dois objetos. As condições para a formação de arco serão estudadas mais tarde.



Medida da carga elétrica: em situações de laboratório, usam-se eletrômetros. Um dos mais simples é construído a partir do eletroscópio de folhas: há um condutor móvel constituído de uma ou duas folhas finas de alumínio ou ouro, que se separam quando este é carregado. O ângulo de separação entre as folhas depende da carga que ambas armazenam.



Robert Millikan realizou em 1913 um experimento medindo a queda de gotículas carregadas de óleo para determinar a menor carga elétrica possível. Ele mediu a carga de inúmeras gotas, e observou que todos os valores eram múltiplos de uma carga elétrica elementar, igual a

$$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ coulomb,}$$

e que vem a ser a carga do elétron (-e) ou do próton (+e). Logo, 1 coulomb corresponde à carga de $(1/e) = 6,25 \times 10^{18}$ elétrons (ou prótons). O coulomb (símbolo C) é a unidade de carga elétrica no Sistema Internacional de unidades (SI), representado na mecânica pelo conhecido sistema MKS.

Qualquer excesso de carga elétrica Q corresponde a um múltiplo da carga elétrica elementar:

$$Q = N e$$

onde N é um número inteiro. Na prática, as cargas elétricas em excesso, envolvidas em experimentos são sub-múltiplos do Coulomb, principalmente o microcoulomb ($1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$), o nanocoulomb ($1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$) e o picocoulomb ($1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$). 1 nC, por exemplo, é a ordem de grandeza da carga que conseguimos produzir eletrizando um bastão de plástico por meio de uma pele.

Problema resolvido: O número atômico do cobre é 29 e a massa atômica 63,5 g/mol. Uma moeda de cobre tem massa 3,11 g. Sendo eletricamente neutra, ela tem quantidades iguais de cargas positivas (prótons) e negativas (elétrons). Qual o valor Q destas cargas?

Solução: $m = \text{massa da moeda} = 3,11 \text{ g}$

$Z = \text{número atômico} = 29$ (número de elétrons = número de prótons)

$M = \text{massa atômica do cobre} = 63,5 \text{ g/mol}$ (peso atômico expresso em gramas)

$N_0 = \text{número de Avogadro} = 6,02 \times 10^{23} \text{ átomos/mol}$

Sabemos que um mol de cobre contém N_0 átomos. Logo, o número N_a de átomos de cobre na moeda pode ser encontrado por regra de três, ou pela fórmula

$$\frac{N_a}{N_0} = \frac{m}{M}$$

$$N_a = \frac{(3,11\text{g})(6,02 \times 10^{23} \text{ átomos/mol})}{63,5\text{g/mol}} = 2,95 \times 10^{22} \text{ átomos}$$

Cada átomo tem $Z = 29$ elétrons (ou prótons), de forma que o número de partículas com carga negativa (ou positiva) em uma moeda é

$$N = Z N_a = 29 \times 2,95 \times 10^{22} = 8,55 \times 10^{23}$$

de tal modo que a carga elétrica correspondente será

$$q = Ne = 8,55 \times 10^{23} \times 1,60 \times 10^{-19} \text{ C} = 1,37 \times 10^5 \text{ C}$$

Problema proposto: Qual a carga positiva (ou negativa) total existente em 1 mol de hidrogênio gasoso molecular neutro (H_2)? Resposta: $1,93 \times 10^5 \text{ C}$.