



ENSINO SUPERIOR – FÍSICA  
**INTRODUÇÃO À ELETROLOGIA**

Prof. Marcelo Girardi Schappo  
FÍSICA



Apenas 4 equações descrevem todos os fenômenos eletromagnéticos  
(Equações de Maxwell)

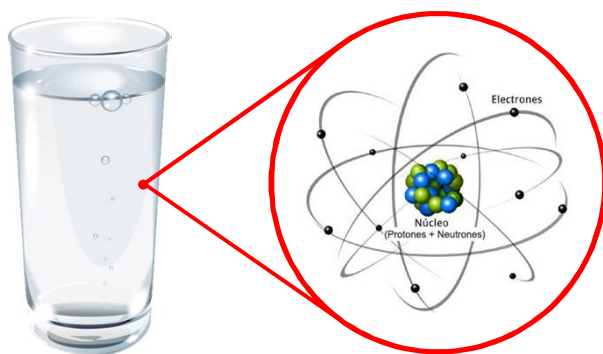
## CARGA ELÉTRICA

É uma propriedade da matéria, da mesma forma que “massa”, “momento magnético”, etc...

Algumas partículas elementares possuem carga elétrica, outras não (da mesma forma que massa...)

As partículas carregadas podem ter carga de dois tipos: **POSITIVAS** ou **NEGATIVAS** (diferente de massa...)

Unidade de medida no Sistema Internacional: **Coulomb (C)**



Carga “elementar”: prótons e elétrons  
(nêutrons são eletricamente neutros)

$$q_e \cong -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$q_p \cong +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$|e| \cong 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

## CARGA ELÉTRICA

Um objeto eletricamente carregado, tem “desbalanço” entre número de elétrons e prótons!



$$n_e = n_p \rightarrow Q = 0 \rightarrow \text{objeto neutro} \quad |e| \cong 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Para “eletrizar”, mexe-se com número de elétrons! (prótons estão no núcleo...)

Se o objeto **ganhou...**

<b>1</b> elétron	$Q = - \mathbf{1} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
<b>2</b> elétrons	$Q = - \mathbf{2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = - 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
<b>3</b> elétrons	$Q = - \mathbf{3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = - 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
<b>“n”</b> elétrons	$Q = - \mathbf{n} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Se o objeto **perdeu...**

<b>1</b> elétron	$Q = + \mathbf{1} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = + 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
<b>2</b> elétrons	$Q = + \mathbf{2} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = + 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
<b>3</b> elétrons	$Q = + \mathbf{3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = + 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
<b>“n”</b> elétrons	$Q = + \mathbf{n} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

## CARGA ELÉTRICA

Um objeto eletricamente carregado, tem “desbalanço” entre número de elétrons e prótons!



$$n_e = n_p \rightarrow Q = 0 \rightarrow \text{objeto neutro}$$

$$n_e > n_p \rightarrow Q < 0 \rightarrow \text{objeto negativamente carregado}$$

$$n_e < n_p \rightarrow Q > 0 \rightarrow \text{objeto positivamente carregado}$$

$$|Q| = n \cdot |e|$$

$$|e| \cong 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

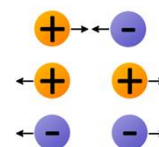
$$n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$$

$$1,0 \text{ mC} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ C} \rightarrow \text{mili}$$

$$1,0 \text{ }\mu\text{C} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ C} \rightarrow \text{micro}$$

$$1,0 \text{ nC} = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ C} \rightarrow \text{nano}$$

$$1,0 \text{ pC} = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ C} \rightarrow \text{pico}$$

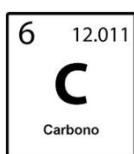


neutro: é ATRAÍDO por outro carregado

Conclusão: a carga total de um corpo é sempre um MÚLTIPLO da carga elementar (então “n” não é o número de elétrons do corpo, mas sim o valor da diferença de elétrons e prótons)

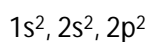
## CARGA ELÉTRICA

Exemplo dos ÍONS, em química:



**Z = 6 (número de prótons no núcleo)**

Carbono neutro: também tem 6 elétrons (“estado normal”)



Carbono eletrizado (“ionizado”) positivamente (“carbocátion”)

menos que 6 elétrons!

$$\text{C}^{2+} \longrightarrow Q = + 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = + 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad \text{Tem somente 4 elétrons}$$

Carbono eletrizado (“ionizado”) negativamente (“carbânion”)

mais que 6 elétrons!

$$\text{C}^{-} \longrightarrow Q = - 1 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad \text{Tem 7 elétrons}$$

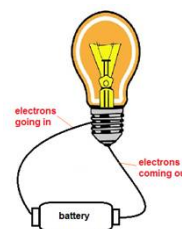
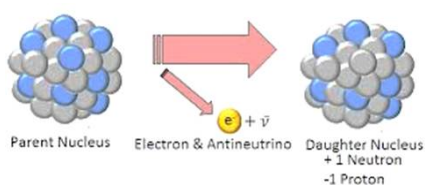
## CONSERVAÇÃO DA CARGA ELÉTRICA

A quantidade total de carga elétrica de um sistema isolado permanece constante

$$(Q_{total})_{antes} = (Q_{total})_{depois}$$

$$Q_{total} = \sum Q_i = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

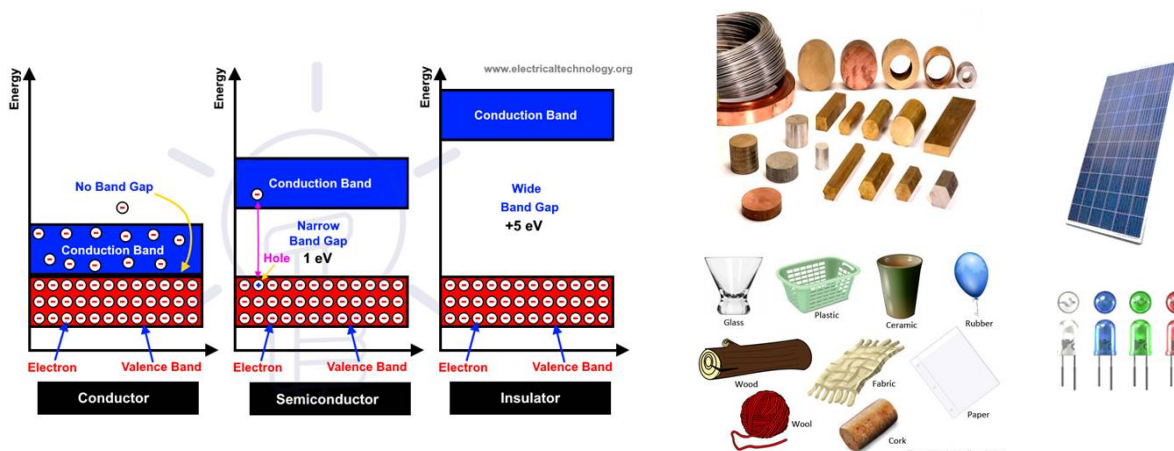
“antes e depois” do quê?



## COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS

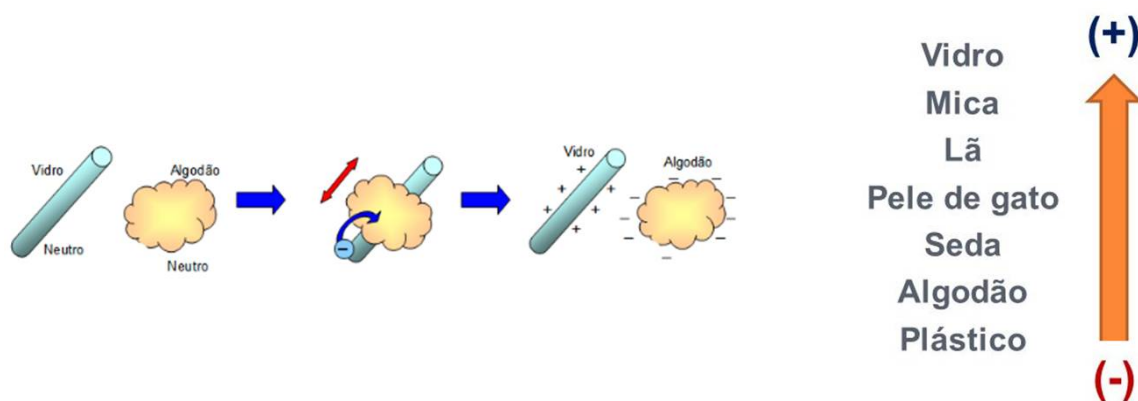
Átomos isolados: possuem elétrons distribuídos em níveis de energia atômicos.

Sólidos: a interação entre os átomos faz com que os elétrons se distribuam em “bandas de energia”



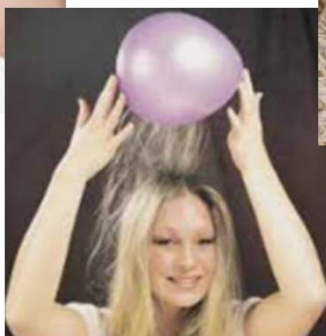
## PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

**Eletrização por atrito:** fluxo de elétrons entre os objetos por meio da fricção



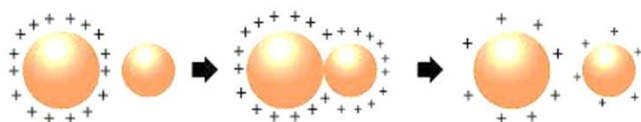
AO FINAL: ambos os objetos terminam eletricamente carregados, com cargas de sinais opostos e mesmo módulo (por motivos de conservação da carga elétrica)

## PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO



## PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

**Eletrização por contato:** contato entre condutores, com um deles carregado, distribui a carga entre ambos



$$Q_F = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

(se idênticos)

AO FINAL: ambos os objetos condutores terminam eletricamente carregados, com cargas de mesmo sinal (se forem condutores idênticos, terminarão também com cargas de mesmo módulo)

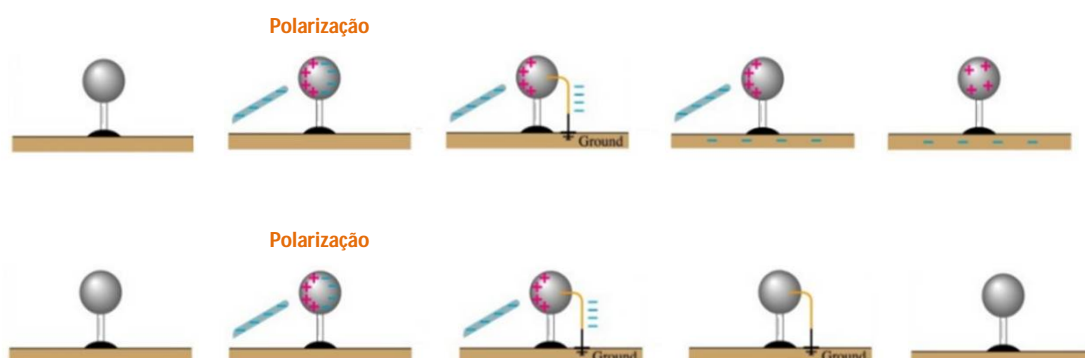
SUCESSIVO  $\neq$  SIMULTÂNEO

## PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO



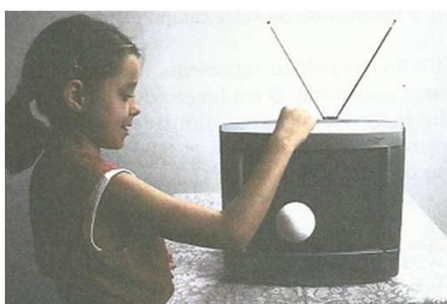
## PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

**Eletrização por indução:** troca de cargas por meio de aterramento e presença de um objeto "indutor"



AO FINAL: o objeto "induzido" terminará o processo carregado com carga de sinal oposto ao indutor (caso o indutor seja afastado SEM cortar o aterramento, o induzido retornará à condição inicial neutra)

## PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

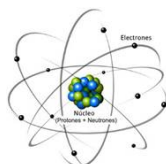




**Exemplo:** Sobre a quantização da carga elétrica, assinale V nas afirmativas verdadeiras e F nas falsas:

- (F) A carga de um elétron é um valor inteiro que corresponde à unidade de carga no Sistema Internacional;  
 (F) Um corpo jamais poderá ter carga elétrica de 2,5mC, por ser um valor que não é inteiro;  
 (F) Um corpo eletricamente neutro não possui partículas carregadas em sua estrutura;  
 (V) Um mol de prótons possui uma carga elétrica total de mais de 90 kC;  
 (F) Um objeto com carga elétrica de -50nC, tem, aproximadamente,  $3,1 \cdot 10^{11}$  elétrons.

$$e \cong -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



$$|Q| = n \cdot |e| = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$|Q| = 96320 \text{ C} = 96,32 \text{ kC}$$

$$|Q| = n \cdot |e|$$

$$2,5 \cdot 10^{-3} = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$n = 1,56 \cdot 10^{16}$$

$$|Q| = n \cdot |e|$$

$$50 \cdot 10^{-9} = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

$$n = 3,1 \cdot 10^{11}$$



Isso não é o número de elétrons, e sim a quantidade de elétrons A MAIS que prótons.

**Exemplo:** Quatro esferas condutoras (A, B, C e D), idênticas, estão em um sistema isolado. As cargas iniciais das esferas A e B são, respectivamente,  $+4Q$  e  $-2Q$ . A esfera C está neutra. A esfera D é colocada em contato sucessivo com a esfera A e depois, simultaneamente, com as esferas B e C. Após cada processo, todas as esferas são novamente separadas. Sabendo que a carga final da esfera D é de  $-Q$ , determine:

a) A carga inicial da esfera D;

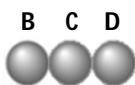
b) O módulo do fluxo de carga entre a esfera A e a esfera D, no primeiro contato.



$$Q_{A0} = +4Q \quad Q_{B0} = -2Q \quad Q_{C0} = 0 \quad Q_{D0} = x$$



$$Q_{A1} = Q_{D1} = \frac{Q_{A0} + Q_{D0}}{2} = \frac{4Q + x}{2} = (2Q + 0,5x)$$



$$Q_{B1} = Q_{C1} = Q_{D2} = \frac{Q_{B0} + Q_{C0} + Q_{D1}}{3} = \frac{-2Q + 0 + (2Q + 0,5x)}{3} = \frac{0,5x}{3}$$

$$Q_{D2} = -Q$$

$$\frac{0,5x}{3} = -Q$$

$$x = -6Q$$



**Exemplo:** Quatro esferas condutoras (A, B, C e D), idênticas, estão em um sistema isolado. As cargas iniciais das esferas A e B são, respectivamente,  $+4Q$  e  $-2Q$ . A esfera C está neutra. A esfera D é colocada em contato sucessivo com a esfera A e depois, simultaneamente, com as esferas B e C. Após cada processo, todas as esferas são novamente separadas. Sabendo que a carga final da esfera D é de  $-Q$ , determine:

a) A carga inicial da esfera D;

b) O módulo do fluxo de carga entre a esfera A e a esfera D, no primeiro contato.



$$|\Delta Q_A| = |Q_{A1} - Q_{A0}| = ?$$

$$Q_{A0} = +4Q$$

$$|\Delta Q_A| = 5Q$$

$$Q_{A1} = 2Q + 0,5x = 2Q + 0,5 \cdot (-6Q) = -Q$$