

A Van de Graaff generator is shown with two large metal spheres on black stands. A bright blue plasma glow surrounds the spheres, and a complex, branching pattern of white and yellow light connects the two spheres, illustrating the discharge of static electricity. The background is a deep blue gradient.

Física Eletricidade e Magnetismo

Prof. Marco Simões

Cargas Elétricas e Eletrização

Ao final dessa aula você entenderá

- Qual a natureza das cargas elétricas
- O que são condutores e isolantes
- Quais as formas de eletrização
- Como elas se comportam em contato

Exemplo de problema

8. Três esferas condutoras A, B e C têm o mesmo diâmetro. A esfera A está inicialmente neutra e as outras duas estão carregadas com cargas $Q_B = 1,2 \mu\text{C}$ e $Q_C = 1,8 \mu\text{C}$. Com a esfera A, toca-se primeiramente a esfera B e depois C. As cargas elétricas de A, B e C, depois desses contatos, são, respectivamente:

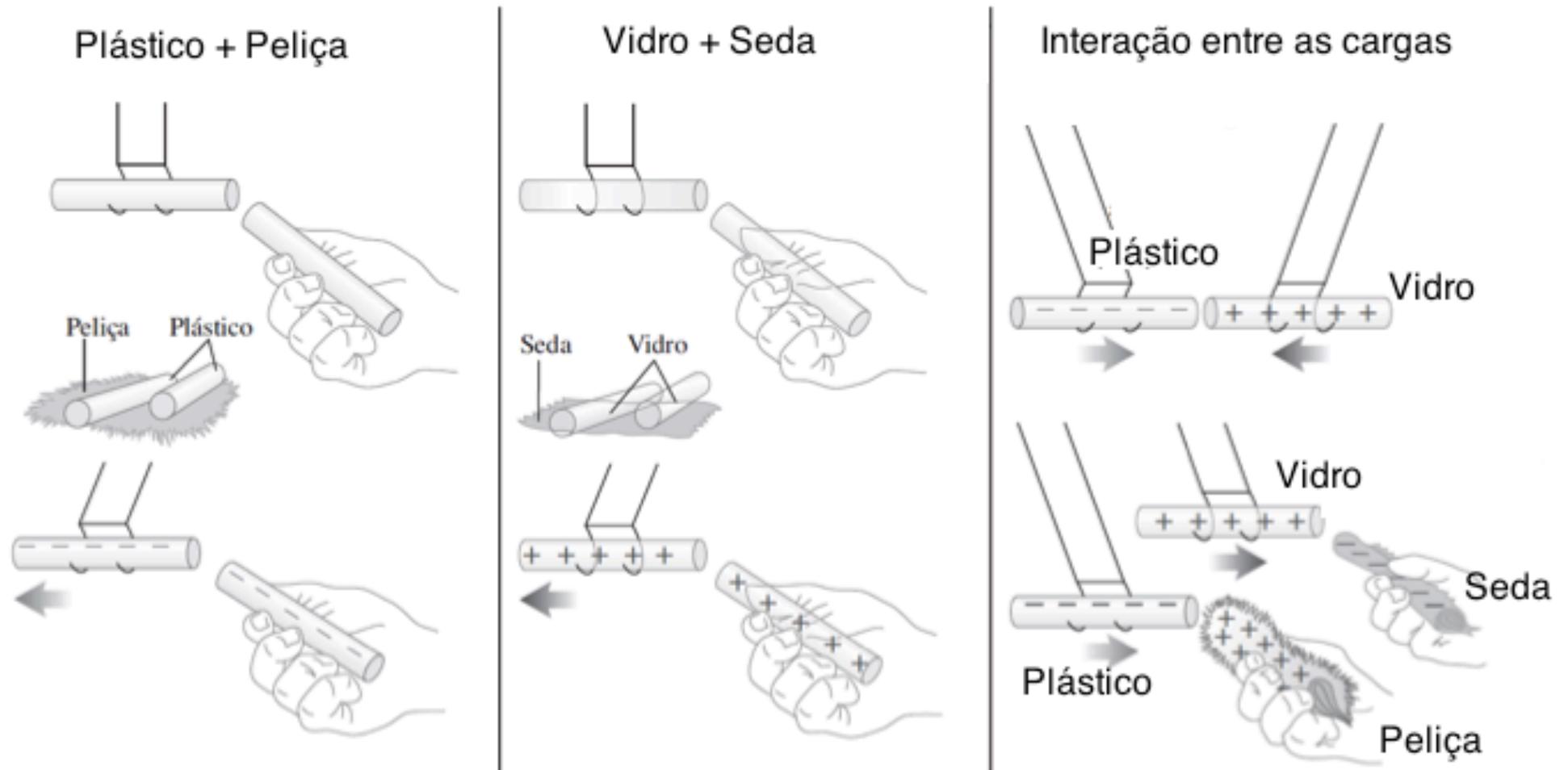
- a) $0,60 \mu\text{C}$, $0,60 \mu\text{C}$ e $1,8 \mu\text{C}$
- b) $0,60 \mu\text{C}$, $1,2 \mu\text{C}$ e $1,2 \mu\text{C}$
- c) $1,0 \mu\text{C}$, $1,0 \mu\text{C}$ e $1,0 \mu\text{C}$
- d) $1,2 \mu\text{C}$, $0,60 \mu\text{C}$ e $1,2 \mu\text{C}$
- e) $1,2 \mu\text{C}$, $0,8 \mu\text{C}$ e $1,0 \mu\text{C}$

Carga elétrica

- É uma propriedade **inata** de algumas partículas fundamentais, que determina a interação eletromagnética entre elas.
- Ela é uma invariante relativística, ou seja, **independe da velocidade** da partícula.
- Além disso, trata-se de uma grandeza **quantizada**, ou seja, excetuando-se os quarks, toda partícula possui uma carga elétrica que é um múltiplo inteiro da carga elementar.
- A menor carga elétrica é a do elétron:

$$e = -1,60217662 \times 10^{-19} \text{ coulombs}$$

Natureza das cargas elétricas



Natureza das cargas elétricas

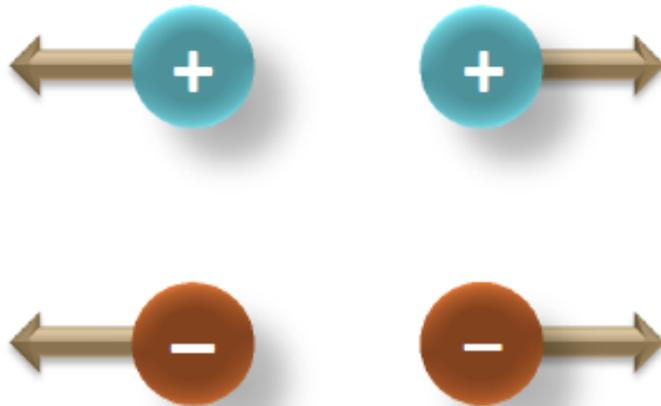
- Hoje se sabe que há dois tipos de cargas elétricas, arbitrariamente chamadas por Benjamin Franklin (1706-1790) de:
- Carga negativa → atribuída ao elétron (~ em 1897).
- Carga positiva → atribuída ao próton (~ em 1920).
- Apesar de a massa do elétron ser 1/1836 da massa do próton, ambos possuem, em módulo, o mesmo valor de carga elétrica, a carga elementar, dada por:

$$e = -1,60217662 \times 10^{-19} \text{ coulombs}$$

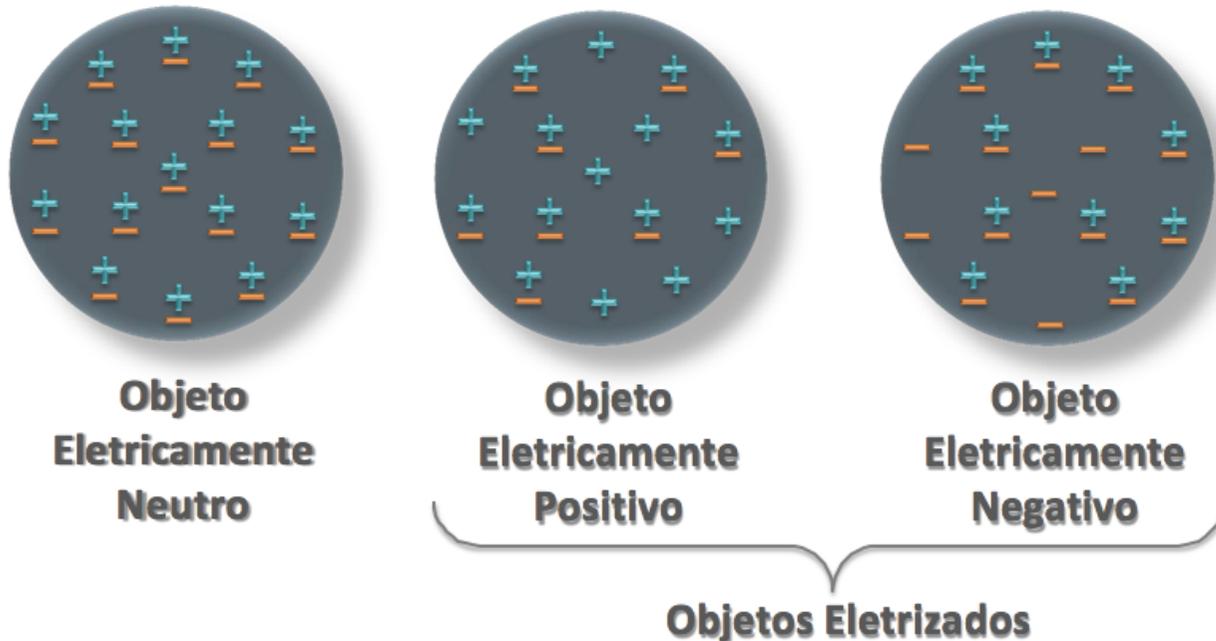
Natureza das cargas elétricas

Objetos com cargas de mesmo sinal se repelem, o que é chamado de **repulsão eletrostática**.

Objetos com cargas de sinais opostos se atraem, o que é chamado de **atração eletrostática**.



Carga elétrica



$$Q = n \cdot e$$

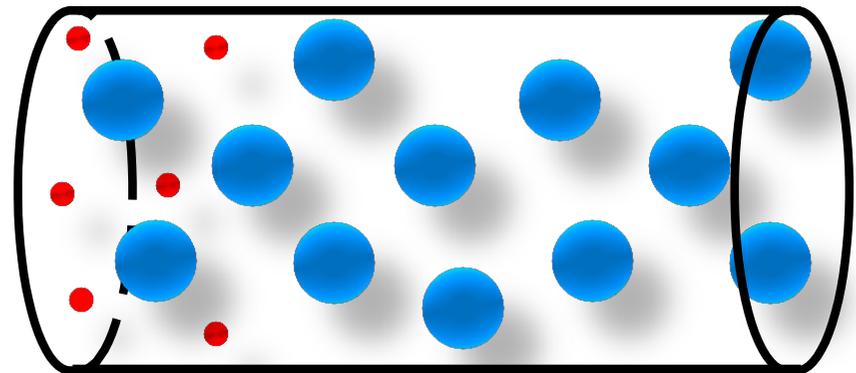
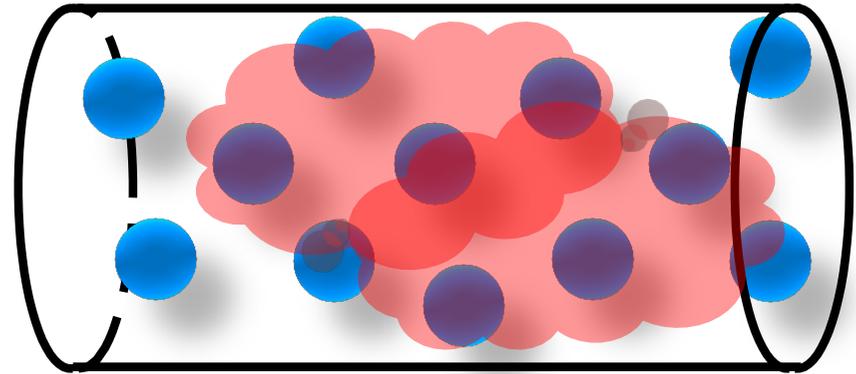
Diagram illustrating the components of the equation $Q = n \cdot e$:

- Q is the total electric charge.
- n is the **NÚMERO DE PARTÍCULAS EM EXCESSO** (Number of excess particles).
- e is the **CARGA ELEMENTAR** (Elementary charge).

A carga elétrica de um corpo é determinada pela quantidade de partículas em excesso

Condutores elétricos

- Nos condutores, as ligações metálicas entre os átomos permitem que os elétrons das camadas mais externas sejam compartilhados por vários átomos.
- Dessa forma, esses elétrons de condução formam um mar de elétrons que se move aleatoriamente pelo condutor até que o mesmo seja submetido a uma diferença de potencial.



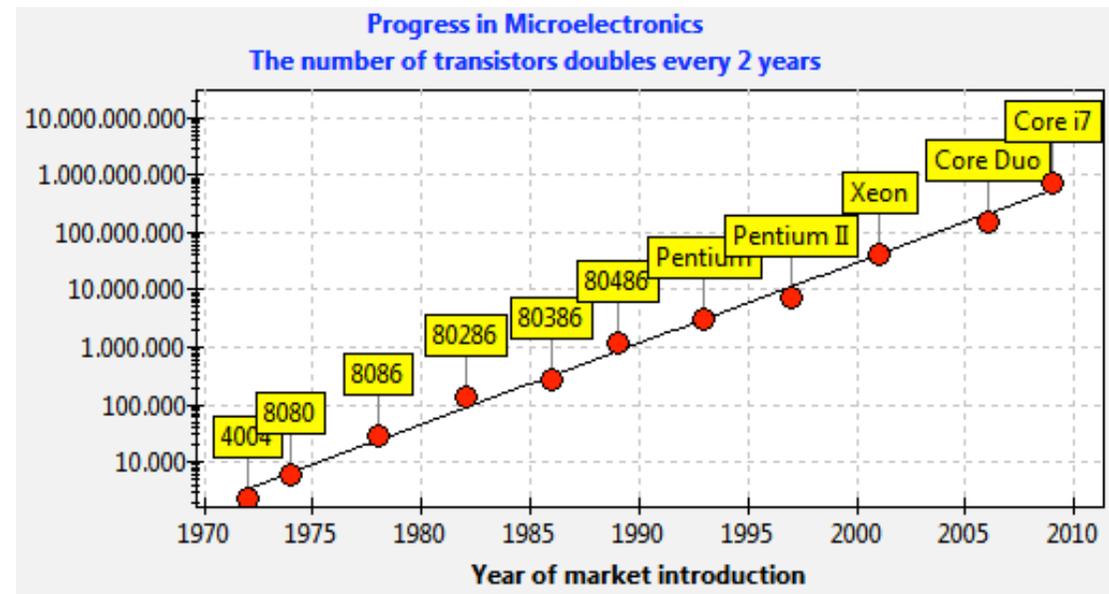
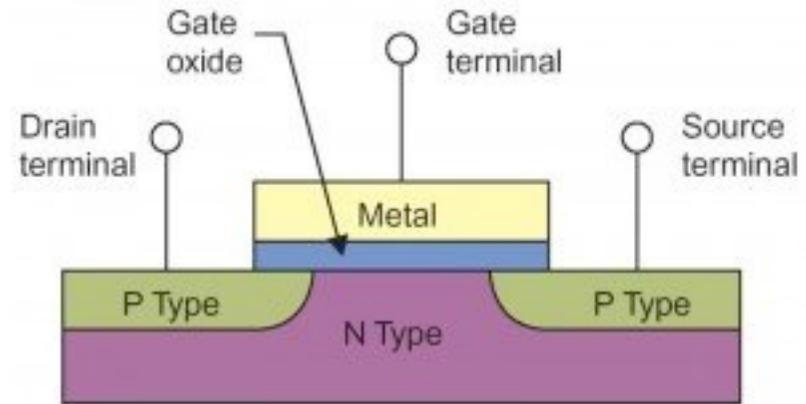
Isolantes elétricos

- São aqueles que não oferecem condições para a passagem da corrente elétrica.
- Em sua estrutura apresentam poucos elétrons livres
- Exemplos: cerâmica, borracha, madeira, vidro



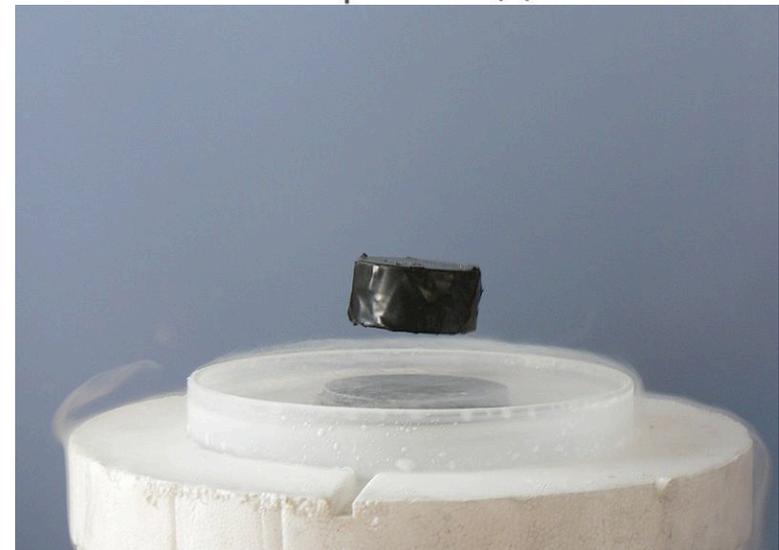
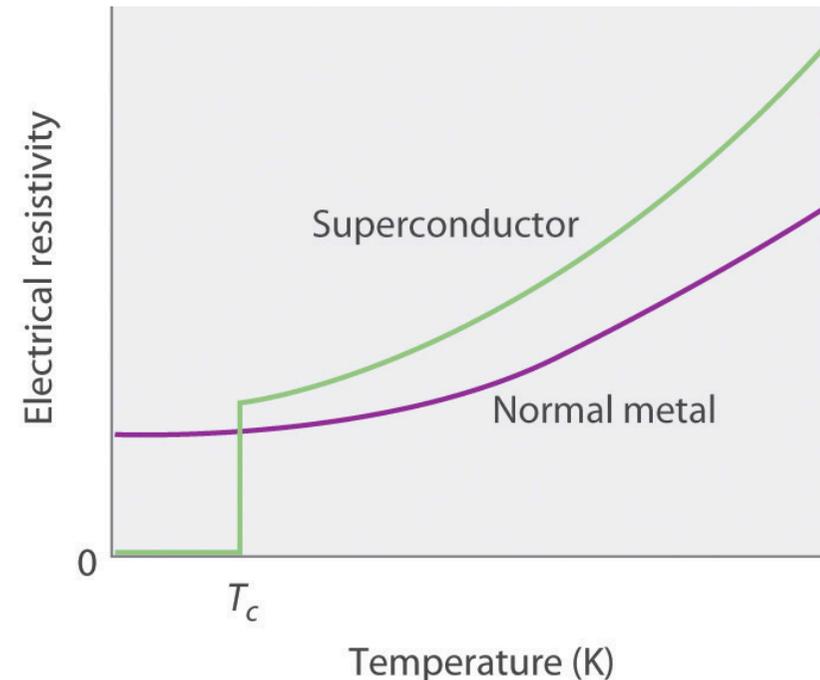
Semicondutores e supercondutores

- **Semicondutores** – funcionam ora como isolantes, ora como condutores, possuindo propriedades intermediárias entre os dois.
- São a base da eletrônica, por serem a matéria-prima dos transistores.



Semicondutores e supercondutores

- **Supercondutores** – são substâncias que, a baixas temperaturas, deixam de oferecer qualquer dificuldade à passagem de cargas elétricas.
- Sua aplicação inclui processadores extremamente rápidos em equipamentos de pequenas dimensões e levitação magnética



Teoria das bandas

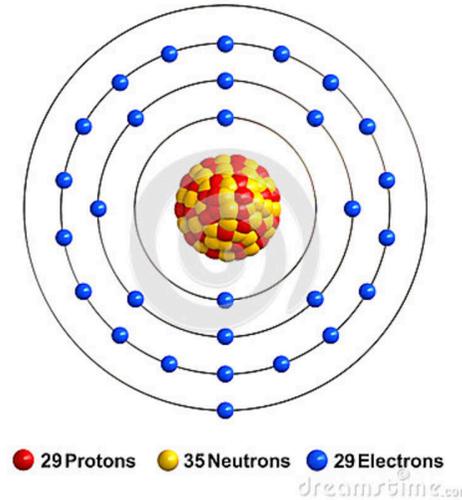
Metals, Nonmetals, and Metalloids

1 H Hydrogen																	2 He Helium						
3 Li Lithium	4 Be Beryllium																	5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Fluorine	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium																	13 Al Aluminum	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulfur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton						
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon						
55 Cs Cesium	56 Ba Barium	57 La Lanthanum	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon						
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac Actinium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110	111	112	113	114										

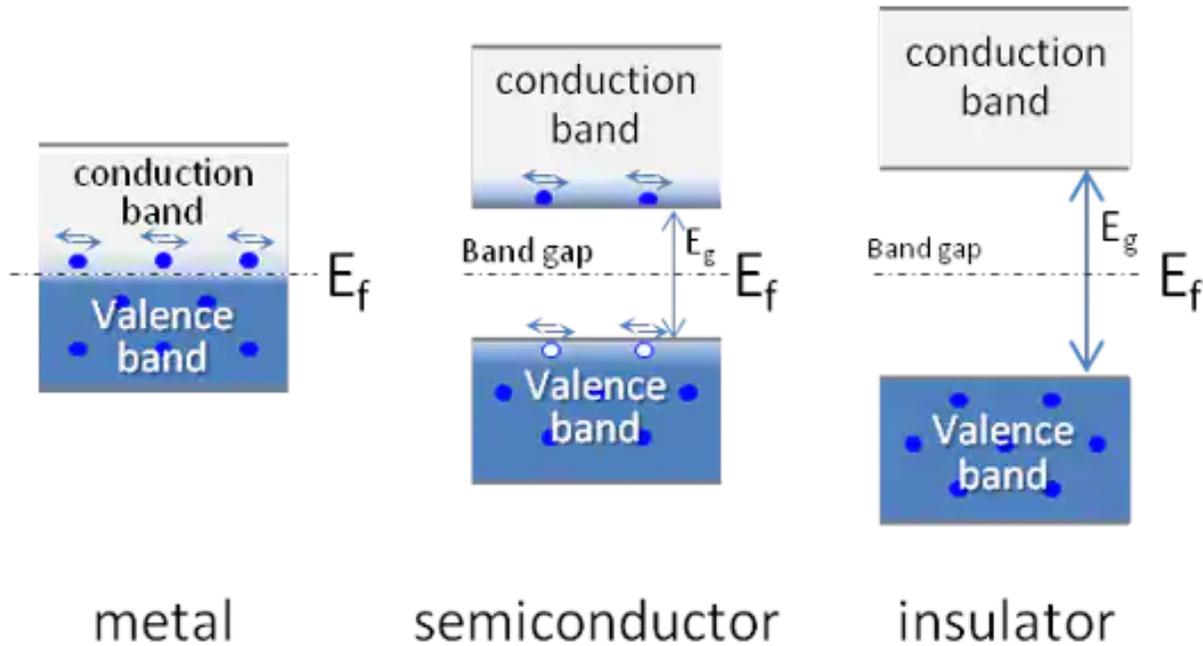
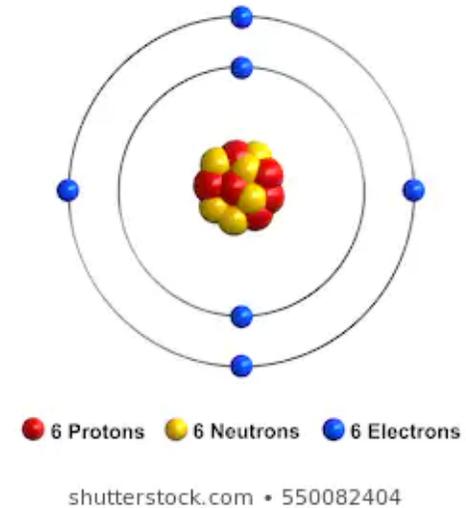
Teoria das bandas

	Camadas Eletrônicas	N.º Máximo de Elétrons	Subníveis de Energia
1	K	2 e ⁻	1s ²
2	L	8 e ⁻	2s ² 2p ⁶
3	M	18 e ⁻	3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰
4	N	32 e ⁻	4s ² 4p ⁶ 4d ¹⁰ 4f ¹⁴
5	O	32 e ⁻	5s ² 5p ⁶ 5d ¹⁰ 5f ¹⁴
6	P	18 e ⁻	6s ² 6p ⁶ 6d ¹⁰
7	Q	8 e ⁻	7s ² 7p ⁶

Cobre



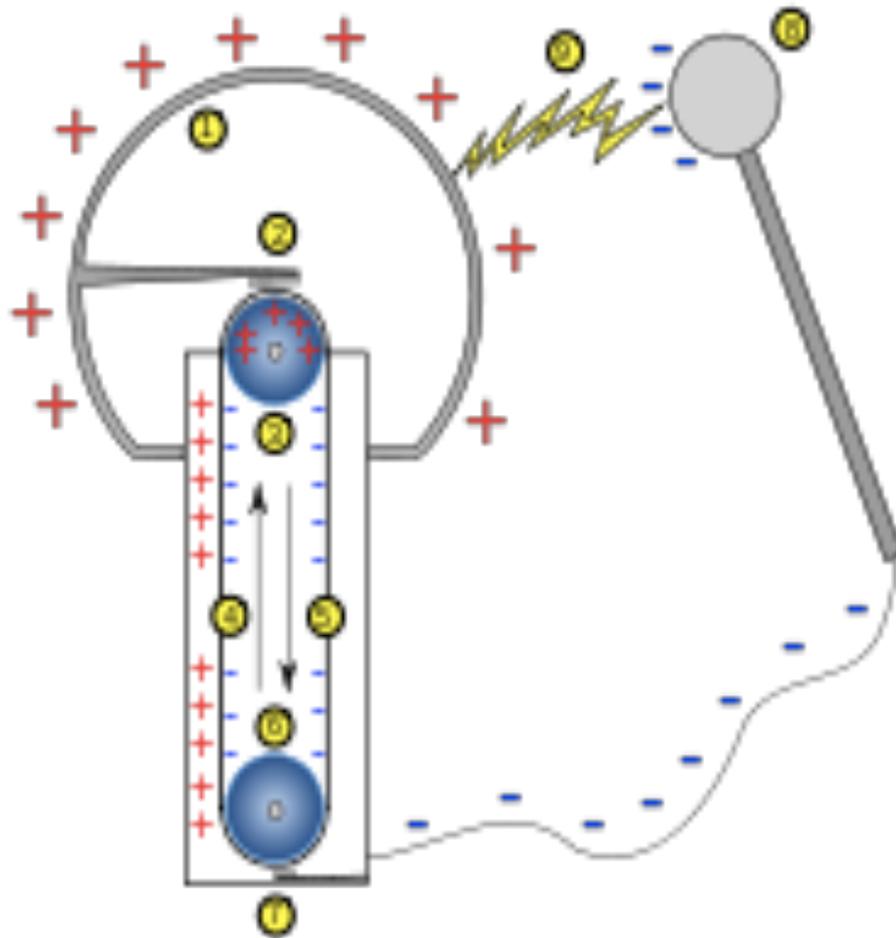
Carbono



Tipos de eletrização estática

Eletrização por	Ocorre em	Cargas finais	Particularidades
Atrito	Isolantes	De sinais contrários	Obedece à série triboelétrica
Contato	Condutores	De sinais iguais	Se os objetos forem idênticos suas cargas finais serão idênticas
Indução	Ao menos o induzido deve ser condutor	De sinais contrários	Só ocorrerá a eletrização se o induzido estiver aterrado

Exemplo: Gerador de Van der Graaf



Materiais	
Pele humana seca	
Couro	
Pele de coelho	
Vidro	
Cabelo humano	
Fibra sintética (nylon)	
Lã	
Chumbo	
Pele de gato	
Seda	
Alumínio	
Papel	
Algodão	
Aço	
Madeira	
Âmbar	
Borracha dura	
Níquel	
Cobre	
Latão	
Prata	
Ouro	
Platina	
Poliéster	
Isopor	
Filme PVC	
Poliuretano	
Polietileno ('fita adesiva')	
Polipropileno	
Vinil	
Silicone	
Teflon	

<https://www.youtube.com/watch?v=Xqt2gAaIV4Y>

Eletrização por atrito (exemplos): <https://youtu.be/PBjxCJVT6BY>

Eletrização por atrito

- A eletrização por atrito segue uma ordem chamada **triboelétrica**. As substâncias acima cedem elétrons para as de baixo.

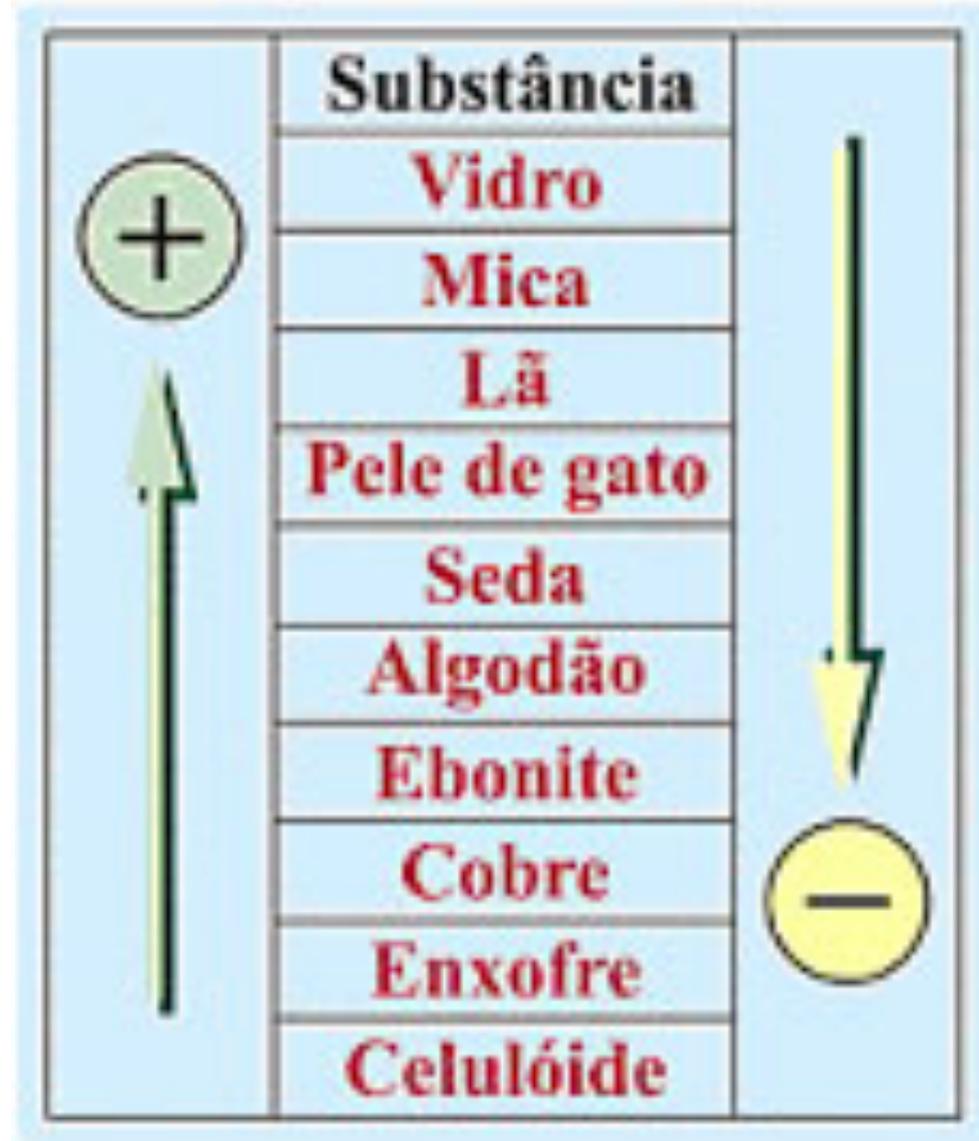


Diagrama da escala triboelétrica, mostrando a ordem de substâncias de acordo com sua tendência a perder ou ganhar elétrons durante a eletrização por atrito. A escala é representada por uma tabela com uma seta verde apontando para cima no lado esquerdo (indicando perda de elétrons) e uma seta amarela apontando para baixo no lado direito (indicando ganho de elétrons).

Substância
Vidro
Mica
Lã
Pele de gato
Seda
Algodão
Ebonite
Cobre
Enxofre
Celulóide

Eletrização por atrito - Exemplos

Dada a série triboelétrica abaixo:

amianto – vidro – náilon – seda – papel – borracha

Se um pedaço de:

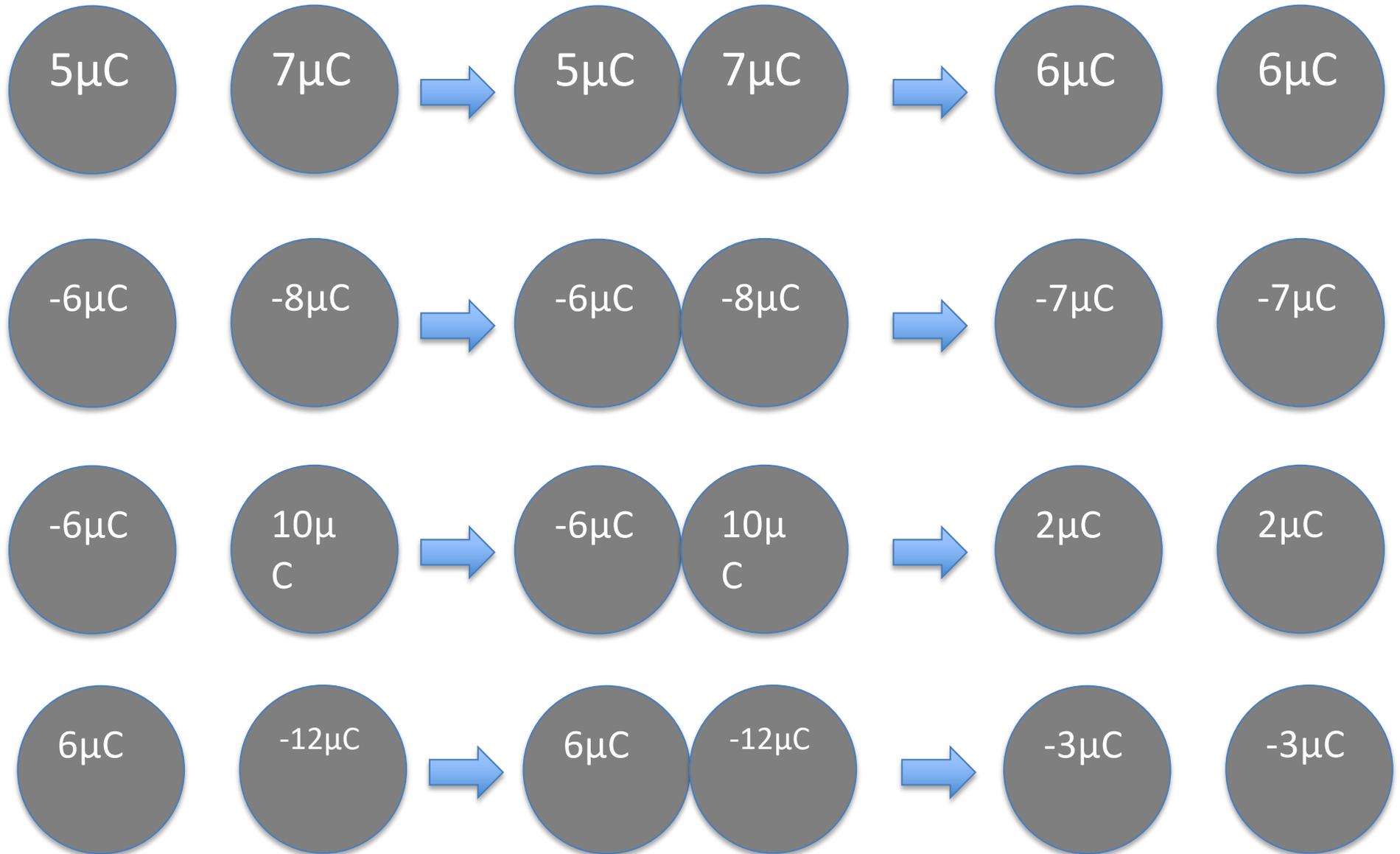
- vidro é atritado em seda;
- náilon é atritado em borracha;
- papel é atritado em amianto.

a) Ocorrerá **atração** ou **repulsão** se aproximarmos o pedaço de:

- vidro do de amianto;
- náilon do de seda;
- amianto do de borracha;

b) O que ocorrerá se um segundo pedaço de seda for atritado em borracha e aproximado do primeiro pedaço de seda?

Eletrização por contato

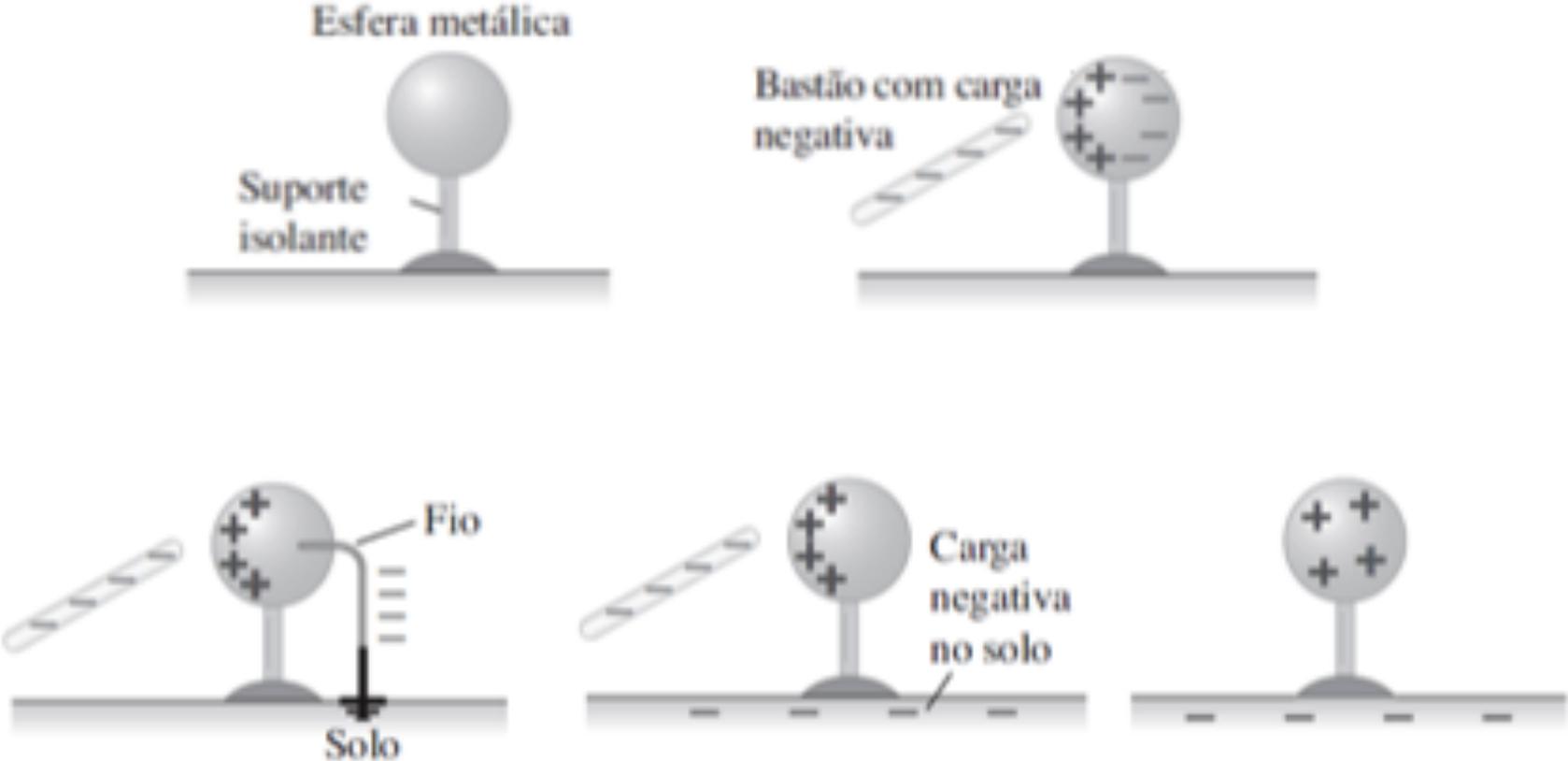


Eletrização por contato - Exemplo

- A esfera A abaixo toca primeiro a esfera B e depois a esfera C. Qual a carga final de cada uma?

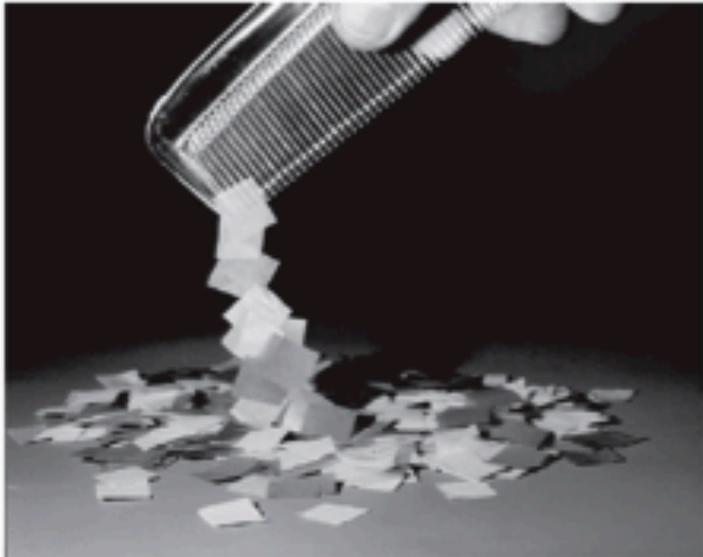


Carregamento por indução

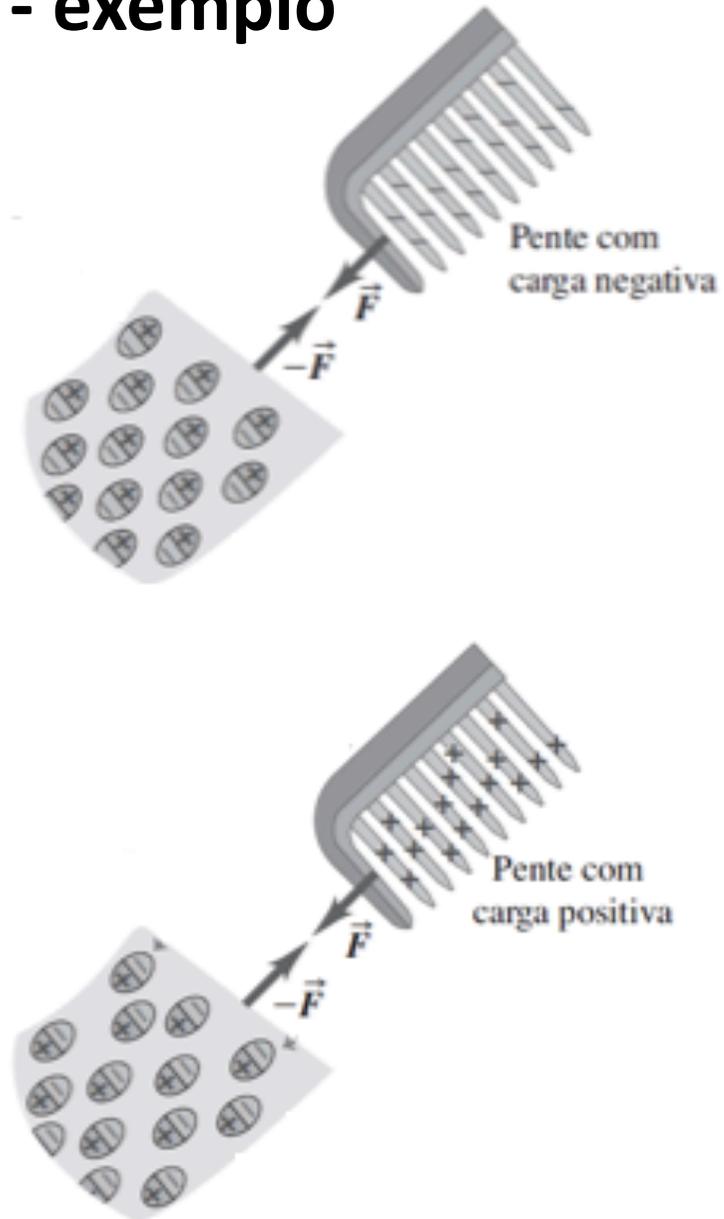


Carregamento por indução - exemplo

Pente carregado



Corpo inicialmente neutro



Exemplo de problema

8. Três esferas condutoras A, B e C têm o mesmo diâmetro. A esfera A está inicialmente neutra e as outras duas estão carregadas com cargas $Q_B = 1,2 \mu\text{C}$ e $Q_C = 1,8 \mu\text{C}$. Com a esfera A, toca-se primeiramente a esfera B e depois C. As cargas elétricas de A, B e C, depois desses contatos, são, respectivamente:

- a) $0,60 \mu\text{C}$, $0,60 \mu\text{C}$ e $1,8 \mu\text{C}$
- b) $0,60 \mu\text{C}$, $1,2 \mu\text{C}$ e $1,2 \mu\text{C}$
- c) $1,0 \mu\text{C}$, $1,0 \mu\text{C}$ e $1,0 \mu\text{C}$
- d) $1,2 \mu\text{C}$, $0,60 \mu\text{C}$ e $1,2 \mu\text{C}$
- e) $1,2 \mu\text{C}$, $0,8 \mu\text{C}$ e $1,0 \mu\text{C}$