

LOB - Física III

Eletromagnetismo

Prof^a. Cristina Bormio Nunes

DEMAR

cristina@demar.eel.usp.br

<http://www.demar.eel.usp.br/~cristina/>

Aula 1

- **Cargas Elétricas**
- **Isolantes e condutores**
- **Lei de Coulomb**

Propriedades das cargas elétricas

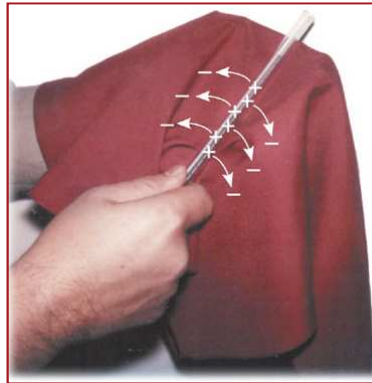
Ao passar um pente no cabelo, pode-se verificar que o pente atrai pequenos pedaços de papel.



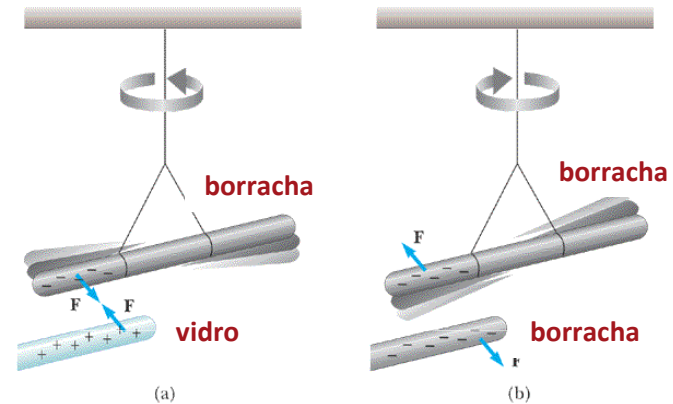
A força eletrostática de atração é freqüentemente forte o bastante para suspender os pedaços (ocorre também com o vidro e borracha).

O pente (plástico) fica carregado negativamente.

- Dependendo do material, os comportamentos podem ser diferentes:



Haste de vidro friccionada na seda:
O vidro fica carregado positivamente



Benjamin Franklin demonstrou que há somente dois tipos de cargas elétricas:

Positivas (+) e Negativas (-), que seguem a seguinte lei:

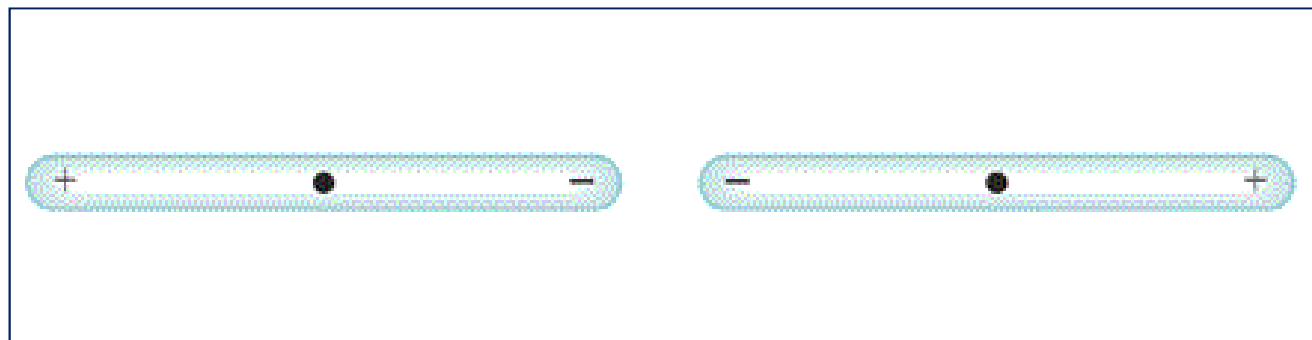
Cargas de sinais iguais (+ +, - -) se repelem e cargas de sinais contrários (+ -) se atraem

- **A carga elétrica resultante em um sistema isolado sempre é conservada.**
- **Quando dois corpos inicialmente neutros são carregados ao serem esfregados entre si, não é criada carga no processo.**
 - Elétrons são **transferidos** de um corpo para outro.
 - Um ganha carga negativa devido aos elétrons que foram doados a ele e o outro que doou fica com carga positiva.

Um corpo não carregado contém um número enorme de elétrons $\approx 10^{23}$ elétrons/cm³ e igual número de prótons.

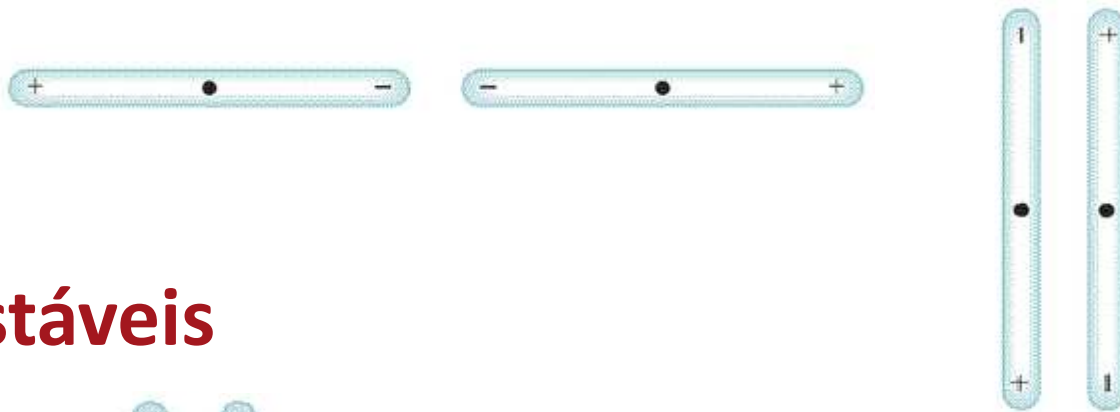
- **Enigma 19.1**

Duas hastes isoladas são carregadas com cargas opostas em suas extremidades. Seus centros são montados de maneira que elas sejam livres para girar e, então, colocadas na posição mostrada na Figura abaixo. O plano de rotação é o plano do papel. As hastes retornam a essas posições se forem ligeiramente deslocadas e depois liberadas? Caso não retornem, para que posição (ções) irão mover-se? A (s) configuração (ções) final (ais) representa (m) equilíbrio estável?

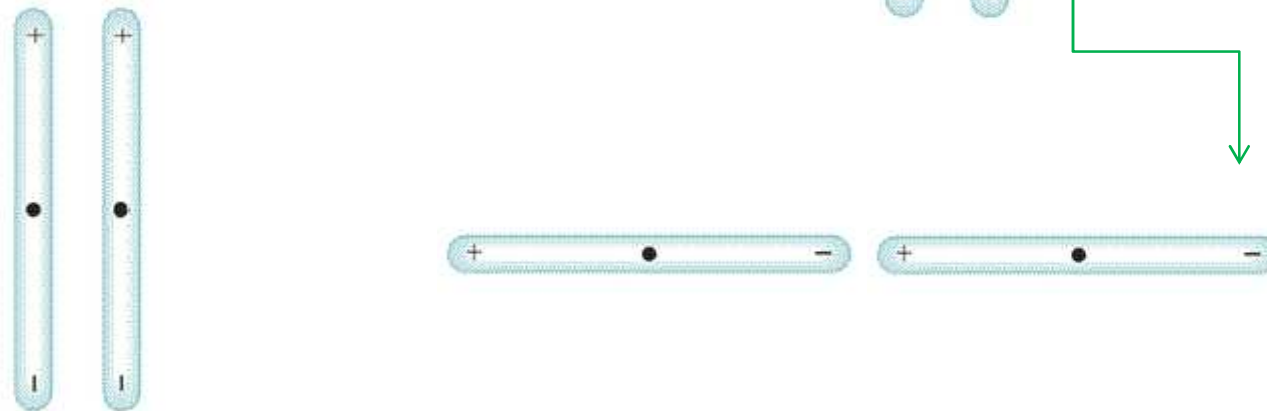


Enigma 19.1 - resposta

- Instáveis



- Estáveis



Condução Elétrica

- Movimentação de carga dentro do corpo
- 3 tipos de materiais – Em temperatura ambiente
 - **Condutores:** cargas livres (gás de elétrons); cargas se movimentam com facilidade.
 - **Isolantes:** cargas presas – difícil movimentação; é necessário fornecer muita energia para isto.
 - **Semicondutores:** intermediários; número de portadores de carga é muito menor que nos condutores, mas muito maior que nos isolantes.

Exemplos de Condutores, Semicondutores e Isolantes

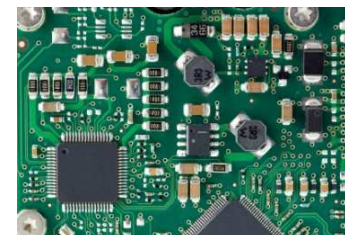
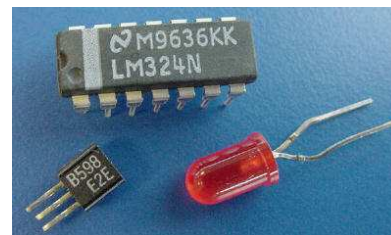
**Condutores: metais
como Cu, Ag, Au, Fe, Al,
etc**



**Isolantes: vidro,
borracha, lucite
(acrílico), ambar**



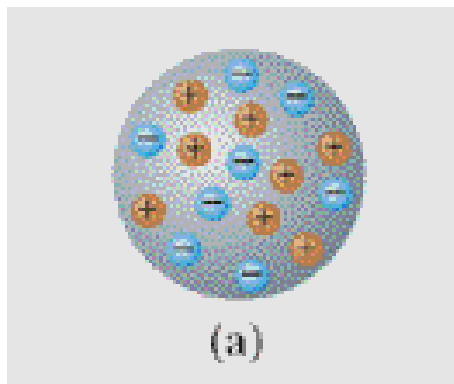
**Semicondutores: Si, Ge,
GaAs (composto), Si e
Ge dopados (tipo-p e
tipo-n)**



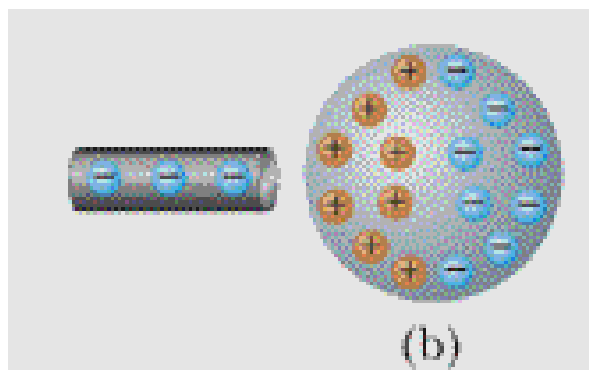
Carga por indução

- Terra: reservatório infinito de cargas; recebe e fornece elétrons
- Condutor conectado por um fio condutor/tubo metálico a terra → **aterrado**
- Carregar um corpo por indução não requer nenhum contato com o corpo que induz a carga (**≠ de carregar por atrito**)
- **POLARIZAÇÃO**: é a orientação de cargas dentro de um isolante

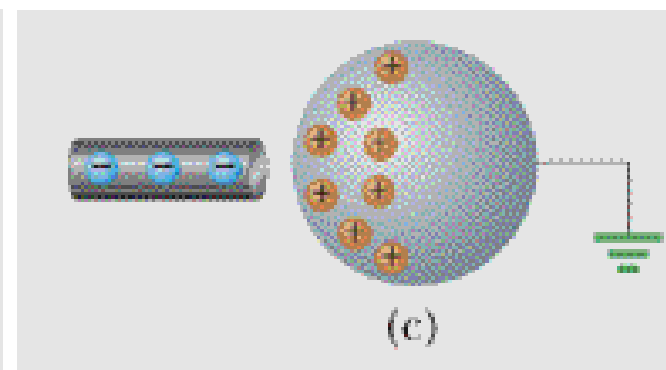
Exemplo de como carregar por indução: esfera condutora



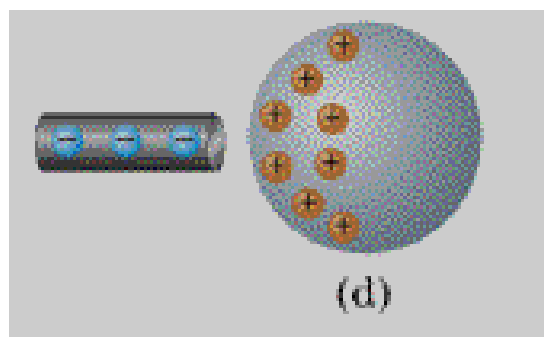
Esfera neutra
isolada



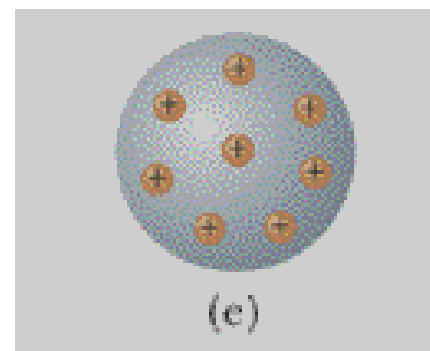
A aproximação da haste
carregada negativamente,
separa as cargas.



Esfera é aterrada; cargas
negativas são drenadas para a
terra

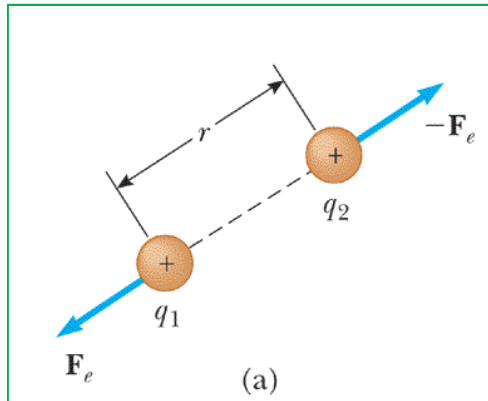


Retira o aterramento

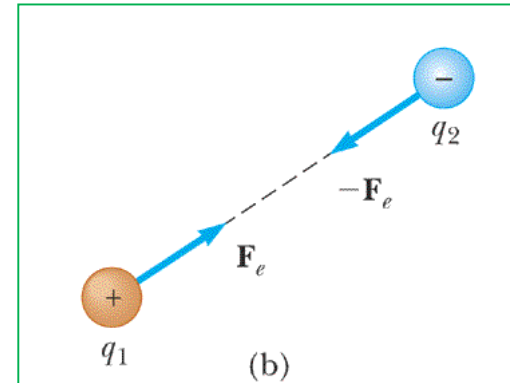


As cargas positivas se distribuem
na superfície da esfera

LEI DE COULOMB



Cargas de mesmo sinal se repelem



Cargas de sinais contrários se atraem

As forças formam um par de ação e reação ao longo da linha que une as cargas

$$F_e = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (\text{Módulo de } F_e)$$

Constante de Coulomb

$$k \equiv \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N.m}^2}$$

Permissividade elétrica do vácuo

lei de coulomb – cont.

- A direção de F_e depende da posição relativa entre as cargas e o sinal delas.

Carga do elétron = $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = -e$

Carga do próton = $+1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = +e$

O valor de carga de 1 C é um valor alto de carga!

Experimentos eletrostáticos típicos têm carga $\sim 10^{-6} \text{ C}$ que corresponde a $\sim 6,25 \times 10^{12}$ elétrons.

No metal, o número de elétrons $\sim 10^{23} \text{ el/cm}^3$

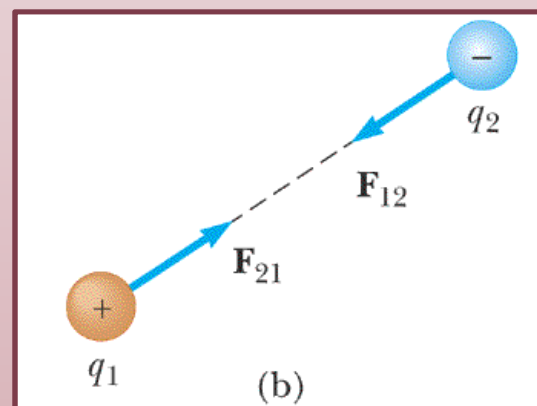
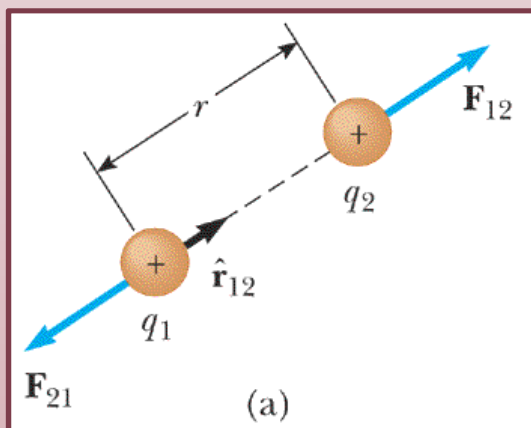
lei de coulomb - cont.

- Lei de Coulomb se aplica a partículas, não se aplica a corpos

– F_e é uma quantidade vetorial

$$\vec{F}_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \hat{r}_{12}$$

força exercida por q_1 em q_2



- **Enigma rápido 19.2**

O corpo A tem carga de + 2 μC e o corpo B tem carga + 6 μC . Qual a afirmação verdadeira?

(a) $F_{AB} = - 3 F_{BA}$

(b) $F_{AB} = - F_{BA}$

(c) $3F_{AB} = - F_{BA}$

Lembre-se da terceira lei de Newton

lei de coulomb - cont.

- Quando estão presentes mais de duas cargas, a força entre qualquer par é dada pela Lei de Newton:

$$F_e = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

- Se 4 partículas carregadas estiverem presentes, a força resultante na partícula 1 será:

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{41} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{21}$$

- Exemplos 19.1 e 19.2**