

A Carga Elétrica e a Lei de Coulomb

Aula - 1

Prof. Paulo Krebs

Departamento de Física
IFM - UFPEL



"O estudo da eletricidade e do magnetismo remonta aos gregos antigos e tomou grande impulso no século XVIII, com as contribuições de Franklin, Priestley, Mitchell e Coulomb entre outros. No início do século XIX, Oersted descobriu que os fenômenos elétricos e magnéticos eram da mesma natureza, ao perceber que a agulha de um imã era perturbada quando colocada nas proximidades de um fio percorrido por uma corrente. Já nos meados desse século, Maxwell conseguiu formalizar as leis do eletromagnetismo em quatro equações, cuja importância é a mesma que as leis de Newton estão para a mecânica. Com essas equações se previu a existência das ondas eletromagnéticas bem como se pode determinar a natureza ondulatório-eletromagnética da luz. Dessa forma, a ótica, que era considerada como uma matéria à parte, passou também a se integrar no escopo de estudo da teoria eletromagnética." [1]



± 600 ac - Grécia - Tales de Mileto

âmbar atritado com lã atrai farelo de palha - força atrativa!

1600 - William Gilbert - *De magnete*

outros corpos se eletrizam por atrito, tais como vidro, enxofre, etc.

1729 - Stephen Gray

condutores - grande mobilidade de cargas (metais em geral).

isolantes - cargas não se movem com facilidade (vidro).

1733 - Charles Du Fay

interações atrativas e repulsivas $\rightarrow$ dois tipos de cargas!



carga elétrica

é uma propriedade que algumas partículas elementares possuem tal que entre elas exista uma interação de natureza eletromagnética.

átomo - Rutherford

prótons e nêutrons estão no núcleo atômico.
elétrons orbitam o núcleo.

partículas elementares

prótons - possuem carga elétrica positiva ($+e$).
elétrons - possuem carga elétrica negativa ($-e$).
nêutrons - não possuem carga elétrica!!!!



Princípio da quantização da carga elétrica

"Esse princípio afirma que toda a carga é múltiplo inteiro de uma carga elementar e , que é, em módulo, igual à carga do elétron. Não existe um valor de carga menor que e e nem um múltiplo não inteiro desse valor. O valor de e vale $1,602 \times 10^{-19}$ C." [1]

$$q = n e, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

Princípio da conservação da carga elétrica

"A carga total (que é a soma algébrica de todas as cargas, sejam elas positivas ou negativas) deve ser conservada. Assim, em um processo de eletrificação de corpos as cargas são transferidas de um corpo ao outro, ao invés de serem criadas ou destruídas. Esse processo torna-se ligeiramente diferente quando da aniquilação de um elétron com um pósitron, gerando radiação gama. Observe que a carga total permanece nula em todo o processo." [1]

$$\gamma \rightarrow e^- + e^+.$$



Processos de Eletrização

Atrito (Triboeletrização)

É o mais antigo, mais comum, mais conhecido e só ocorre entre corpos de materiais diferentes. Neste processo ocorre a transferência de elétrons de um corpo para o outro ficando ambos os corpos carregados com cargas de mesma intensidade porém de sinais contrários.

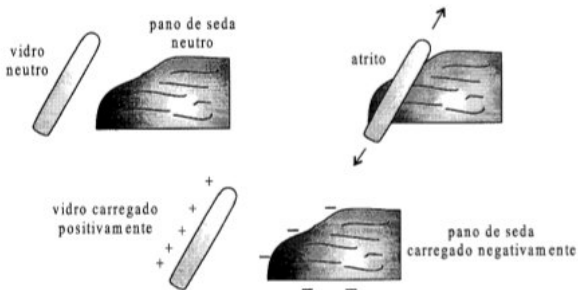
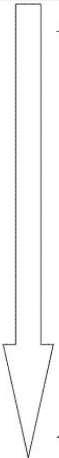


Tabela Triboelétrica

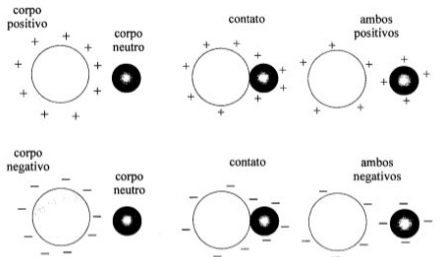
Materiais	
Pele humana seca	
Couro	
Pele de coelho	
Vidro	
Cabelo humano	
Fibra sintética (nylon)	
Lã	
Chumbo	
Pele de gato	
Seda	
Alumínio	
Papel	
Algodão	
Aço	
Madeira	
Âmbar	
Borracha dura	
Níquel	
Cobre	
Latão	
Prata	
Ouro	
Platina	
Poliéster	
Isopor	
Filme PVC	
Poliuretano	
Polietileno ('fita adesiva')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

- vidro (+) e algodão (-)
- âmbar (-) e algodão (+)

Processos de Eletrização

Contato

É muito comum em materiais condutores, pois neles ocorre grande mobilidade dos elétrons, e é mais difícil de ocorrer em materiais isolantes.

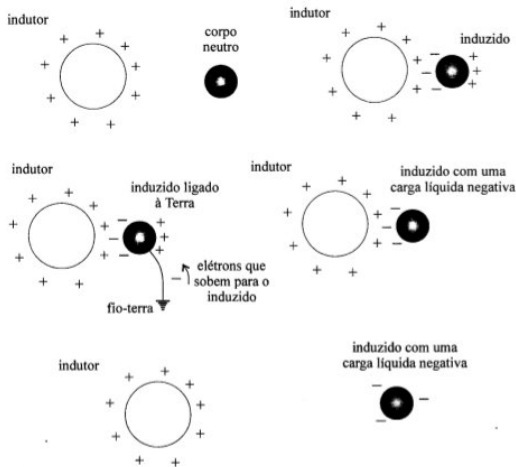


Os corpos ficam com carga de mesmo sinal. A quantidade de carga em cada corpo depende do tipo de material e do tamanho. Somente para dois corpos idênticos, a carga será a mesma!!!

Processos de Eletrização

Indução

Neste processo um corpo eletricamente carregado (indutor) atuará sobre um corpo eletricamente neutro. Após o processo os corpos ficaram carregados com cargas de sinais opostos.



Lei de Coulomb

Força Coulombiana

Coulomb observou:

- $F \propto q_1 q_2$
- $F \propto \frac{1}{r_{12}^2}$

Portanto:

- $F \propto \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$

Logo:

- $$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

sendo a permissividade do vácuo

$$\epsilon_0 = 8,854187818 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,98755179 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

$$k \approx 9,9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$



Lei de Coulomb

Força Coulombiana

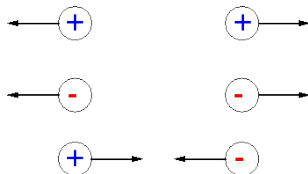
- cargas de mesmo sinal se repelem
- cargas de sinais contrários se atraem

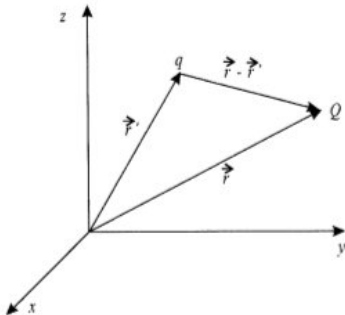
Vetorialmente:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

como $\hat{r}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|}$ escrevemos

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12}$$





Força Coulombiana

- A força elétrica exercida pela carga q sobre a carga Q é dada vetorialmente pela lei de Coulomb:

$$\vec{F}(\vec{r}) = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3}$$

- Para cargas de mesmo sinal a força repulsiva sobre Q tem o sentido de $(\vec{r} - \vec{r}')$.
- Para cargas de sinais contrários a força atrativa sobre Q tem o sentido de $-(\vec{r} - \vec{r}')$.

Várias cargas pontuais

- Se mais de uma carga estiver agindo sobre a carga Q , então a força resultante será dada pela soma vetorial de todas as forças (princípio da superposição)

$$\vec{F}(\vec{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i(\vec{r} - \vec{r}_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3}$$



Distribuição contínua de cargas

- Para uma distribuição contínua de cargas num volume V , com uma densidade volumétrica de cargas $\rho(\vec{r}')$, a soma se transforma numa integral, resultando:

$$\vec{F}(\vec{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int \rho(\vec{r}') \frac{(\vec{r} - \vec{r}_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3} dV$$

sendo a integração sobre todo o volume V ocupado pelas cargas geradoras de força.

- Note que $\vec{r}$ é sempre a posição onde queremos calcular a força e que $\vec{r}'$ é sempre a posição das cargas que produzem a força na posição $\vec{r}$.



Densidade de cargas

- Para uma distribuição volumétrica de cargas ρ ocupando um volume V , a densidade volumétrica de cargas será
 $\rho = \frac{dq}{dV} \rightarrow dq = \rho dV \rightarrow q = \int \rho dV$;
para ρ uniforme e homogênea (constante) temos $q = \rho V$.
- Para uma distribuição superficial de cargas σ ocupando uma área A , a densidade superficial de cargas será
 $\sigma = \frac{dq}{dA} \rightarrow dq = \sigma dA \rightarrow q = \int \sigma dA$;
para σ uniforme e homogênea (constante) temos $q = \sigma A$.
- Para uma distribuição linear de cargas λ ocupando um linha de comprimento ℓ , a densidade linear de cargas será
 $\lambda = \frac{dq}{d\ell} \rightarrow dq = \lambda d\ell \rightarrow q = \int \lambda d\ell$;
para λ uniforme e homogênea (constante) temos $q = \lambda \ell$.



- [1] <http://www.fis.ufba.br/~ossamu/fis3/textos/Coulomb.pdf>
- [2] Kleber Daum Machado - Teoria do Eletromagnetismo - Vol 1
- [3] Resnick, Halliday, Krane - Física 3

