

## Mecânica e Campo Electromagnético 2015/2016

- Bibliografia recomendada
- Conceito de carga eléctrica.
- Lei de Coulomb para a força
- Distribuições de carga
- Resolução de exercícios

Maria Rute André  
rferreira@ua.pt



### Bibliografia

- *Electromagnetismo*, Jaime Villate, McGraw-Hill
- *Fundamentals of Electricity and Magnetism*, Arthur Kip, McGraw-Hill
- *Introdução à Electricidade e Magnetismo*, S. K. Mendiratta, Fundação Calouste Gulbenkian
- *Electricity and Magnetism*, Berkley Physics Course vol 2, Edward M. Purcell, Editora Edgard Blücher (edições em inglês e português)

Importante: Consultar o Guião da disciplina



### I. Conceito de Carga Eléctrica

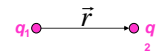
#### Propriedades das cargas

- **Quantização:** a carga é quantificada. A carga eléctrica aparece na natureza em múltiplos inteiros de um certo valor - a carga de um electrão -  $e=1,6 \times 10^{-16}$ .
- **Conservação:** Num sistema isolado, a carga total permanece constante. A soma algébrica das cargas positivas e negativas em qualquer instante não varia.
- **Invariância:** A carga não varia com a velocidade. O valor da carga é o mesmo quer esteja em repouso ou em movimento.
- **Sobreposição:** A acção de várias cargas é igual à soma da acção individual de cada carga.

Campo Electromagnético 2007/2008



### I. Conceito de Carga Eléctrica



#### Lei de Coulomb

- Duas cargas eléctricas estacionárias,  $q_1$  e  $q_2$ , repelem-se ou atraem-se com uma força directamente proporcional ao produto da intensidade das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância ente elas,  $r$ .

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

$\epsilon_0$ , permitividade no vazio:  $8,854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$



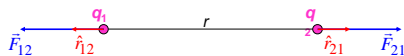
Campo Electromagnético 2007/2008



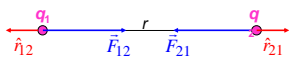
## I. Conceito de Carga Eléctrica

A Lei de *Coulomb* só se aplica a cargas estacionárias

Cargas com o mesmo sinal: repelem-se



Cargas com sinal oposto: atraem-se



$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \hat{r}_{21}$$

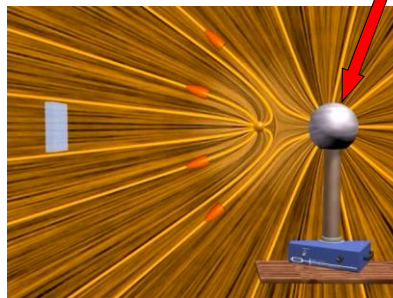
$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \hat{r}_{12}$$

Campo Electromagnético 2007/2008



Cargas com sinal igual: repelem-se

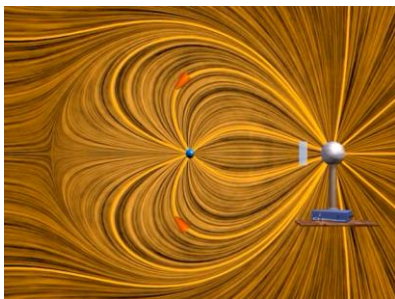
Gerador de Van de Graaff: campos eléctricos intensos  
Esfera carregada fixa no espaço



[www.web.mit.edu](http://www.web.mit.edu)



Cargas com sinal oposto: atraem-se



[www.web.mit.edu](http://www.web.mit.edu)



## I. Conceito de Carga Eléctrica

- Considere que temos  $N$  cargas no espaço. Qual a força que actua numa carga geral  $Q$ ?

Aplicado o **Princípio da sobreposição**, a força que actua numa carga geral  $Q$  seria a soma vectorial das forças devida a cada uma das cargas individualmente

$$\vec{F} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$




## II. Campo Eléctrico

• Dada uma distribuição de cargas ( $q_1, q_2, \dots, q_N$ ) fixas no espaço, sabemos que ao aproximarmos uma carga  $Q$ , esta carga vai sentir uma força dada pela **equação (1)**.

• Essa força é proporcional a  $Q$  e depende da distribuição de cargas e da posição de  $Q$ . Se dividirmos a **equação (1)** por  $Q$ , obtemos uma **grandeza vectorial**, dada por:

$$\frac{\vec{F}}{Q} = \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r^2} \hat{r} \quad (2)$$

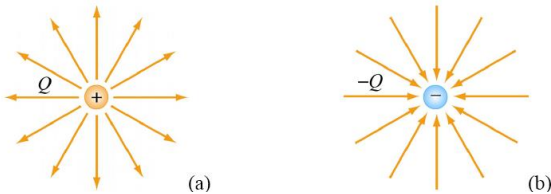
  
CAMPO ELÉCTRICO

Pelo **Princípio da sobreposição**, o campo eléctrico devido a uma distribuição de cargas é igual à soma vectorial do campo eléctrico devido a cada uma das cargas.



## II. Campo Eléctrico

Linhas de campo para cargas pontuais isoladas



[www.web.mit.edu](http://www.web.mit.edu)



## II. Campo Eléctrico

**Distribuição de cargas contínua:** a **equação (2)** não pode ser usada.

Em substituição de cargas discretas, temos elementos de carga  $dq$  que originam elementos de campo eléctrico  $d\vec{E}$ , tal que o campo eléctrico total devido a uma distribuição finita de cargas é dado por:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \hat{r} \quad (V/m) \quad (3)$$

onde  $dq$  será dado por:

- $dq = \lambda dl$ , para uma densidade linear de cargas, em que  $\lambda = Q/l$
- $dq = \sigma dS$ , para uma densidade superficial de cargas, em que  $\sigma = Q/S$
- $dq = \rho dV$ , para uma densidade volumica de cargas, em que  $\rho = Q/V$

## II. Campo Eléctrico

**Propriedades das Linhas de campo eléctrico**

1. O vetor campo eléctrico num dado ponto é tangente às linhas de campo;
2. O número de linhas por unidade de área através de uma superfície perpendicular é proporcional ao módulo do campo;
3. As linhas de campo começam nas cargas positivas (ou infinito) ou terminam nas cargas negativas (ou infinito);
4. As linhas de campo nunca se cruzam (tal significaria que o campo eléctrico apontaria em dois sentidos no mesmo ponto).

### . Resolução de exercícios

3. Um disco de raio  $R$  tem uma densidade de carga dada por  $s = 3r$ . Calcule a carga total do disco.

Solução:  $Q=2\pi R^3$ .

4. Uma coroa esférica de raios  $r_1$  e  $r_2$  ( $r_1 < r_2$ ) tem uma densidade de carga que é inversamente proporcional ao raio. Sabendo que a carga total da coroa é  $Q$ , obtenha uma expressão para a densidade de carga.

Solução:  $\rho = \frac{Q}{2\pi(r_2^2 - r_1^2)r}$

