

Campo Electromagnético

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

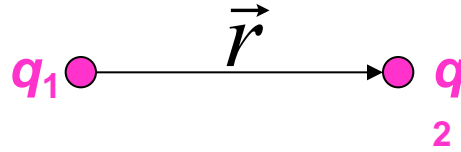
- *Electromagnetismo*, Jaime Villate, McGraw-Hill
- *Fundamentals of Electricity and Magnetism*, Arthur Kip, McGraw-Hill
- *Introdução à Electricidade e Magnetismo*, S. K. Mendiratta, Fundação Calouste Gulbenkian
- *Electricity and Magnetism*, Berkley Physics Course vol 2, Edward M. Purcell, Editora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

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 ação de várias cargas é igual à soma da ação individual de cada carga.

I. Conceito de Carga Eléctrica

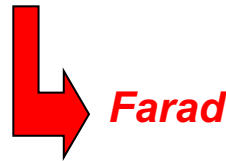


Lei de Coulomb

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

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

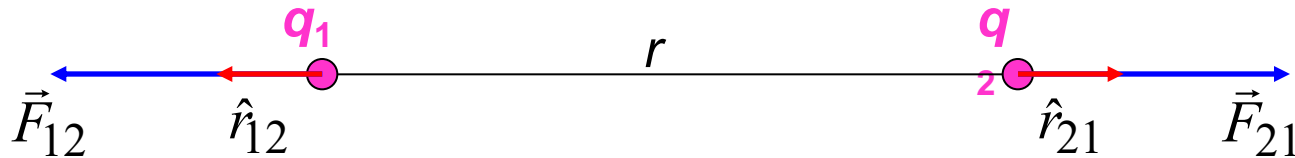
ϵ_0 , permitividade no vazio: $8,854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$



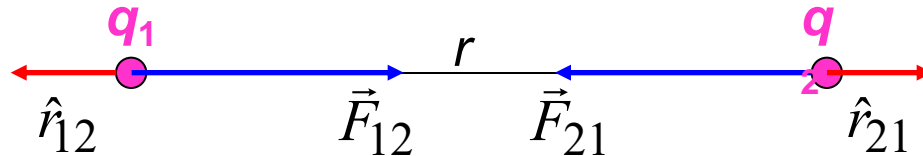
I. Conceito de Carga Elétrica

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

Cargas com o mesmo sinal: repelem-se



Cargas com sinal oposto: atraem-se

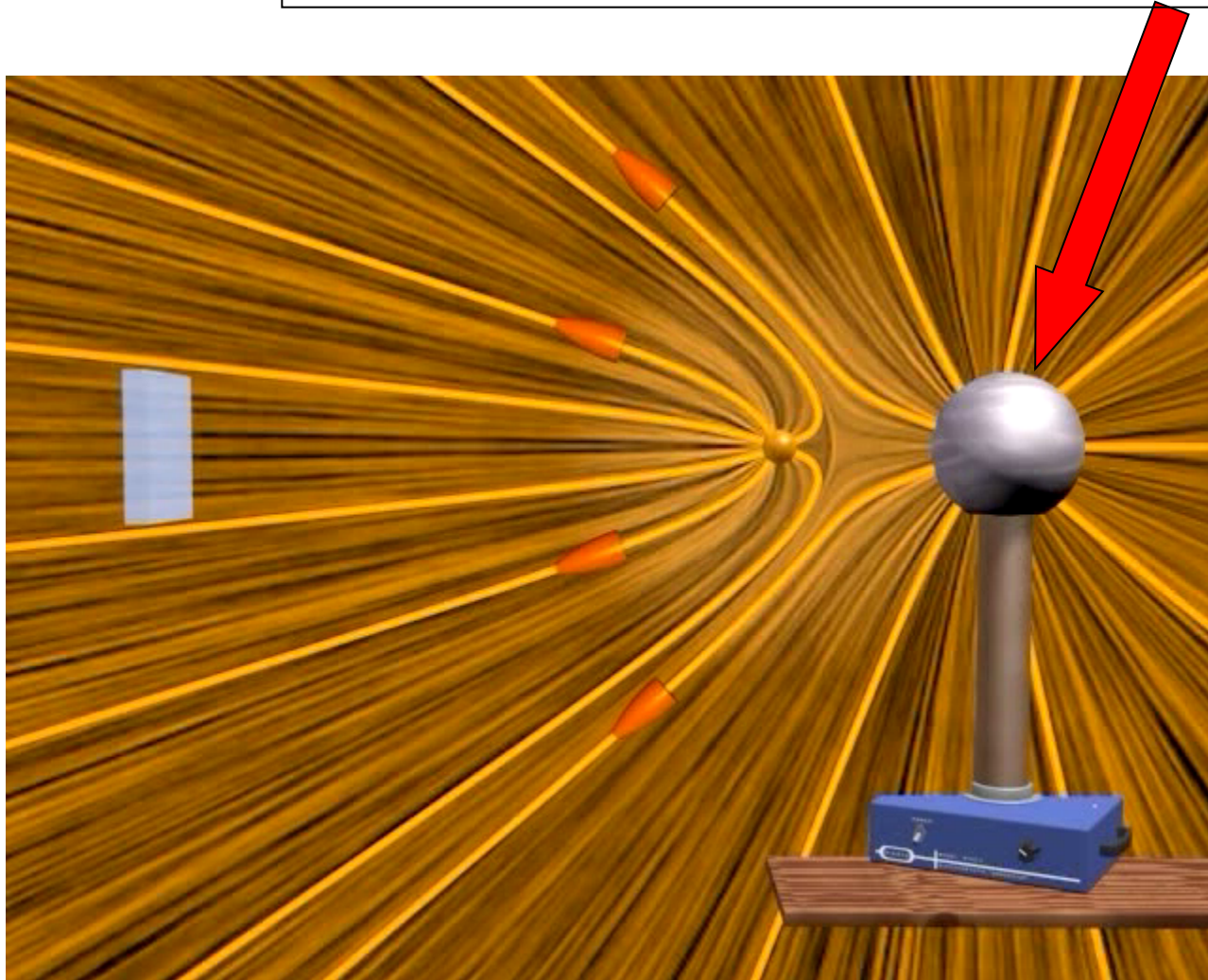


$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \hat{r}_{21}$$

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

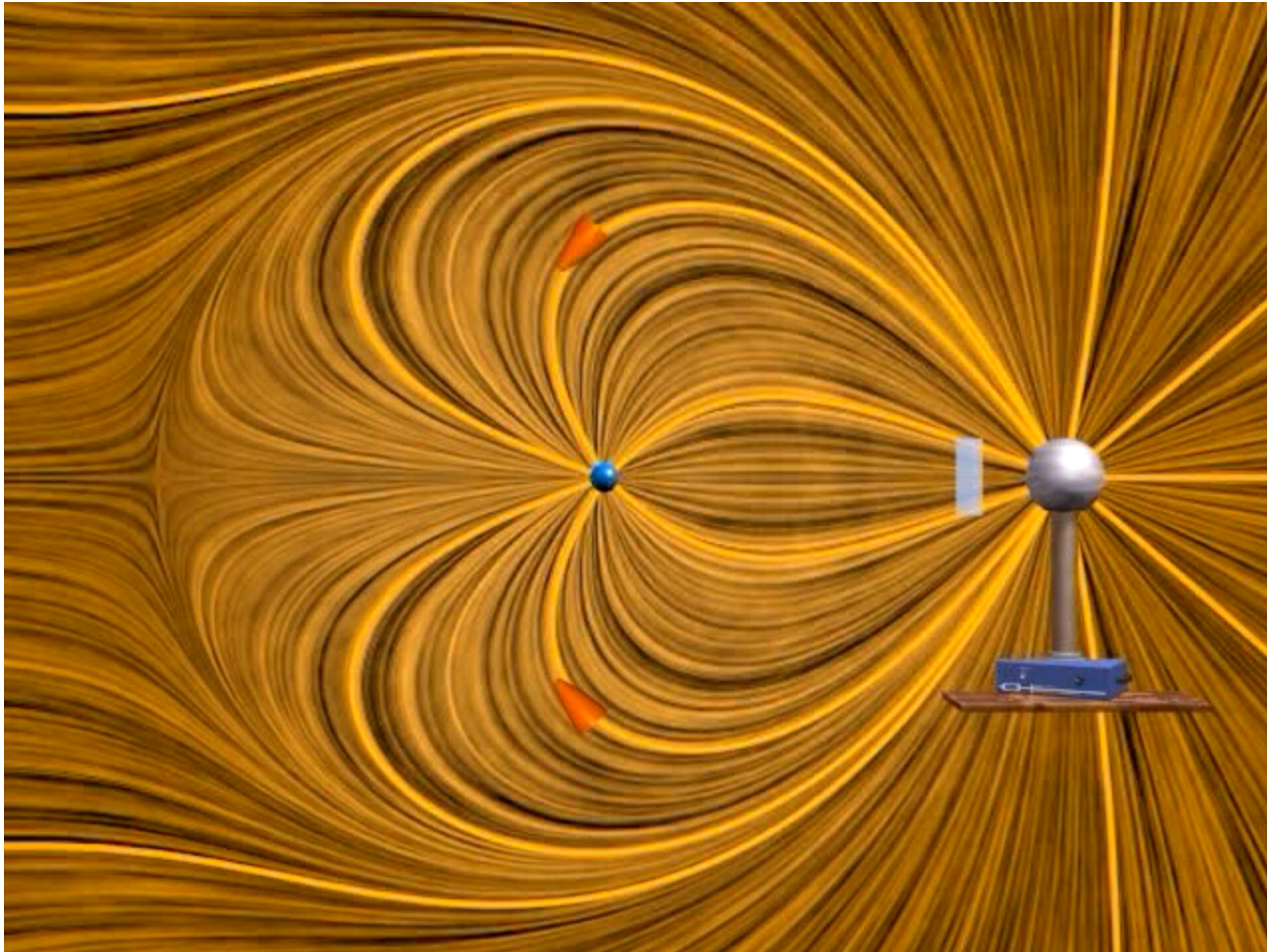
Cargas com sinal igual: repelem-se

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



www.web.mit.edu

Cargas com sinal oposto: atraem-se



www.web.mit.edu

I. Conceito de Carga Eléctrica

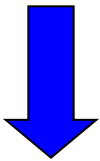
- Considere que temos N cargas no espaço. Qual a força que atua numa carga geral Q ?

Aplicado o **Princípio da sobreposição**, a força que atua numa carga geral Q seria a soma vetorial 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 vetorial**, dada por:

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


CAMPO ELÉCTRICO

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

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:

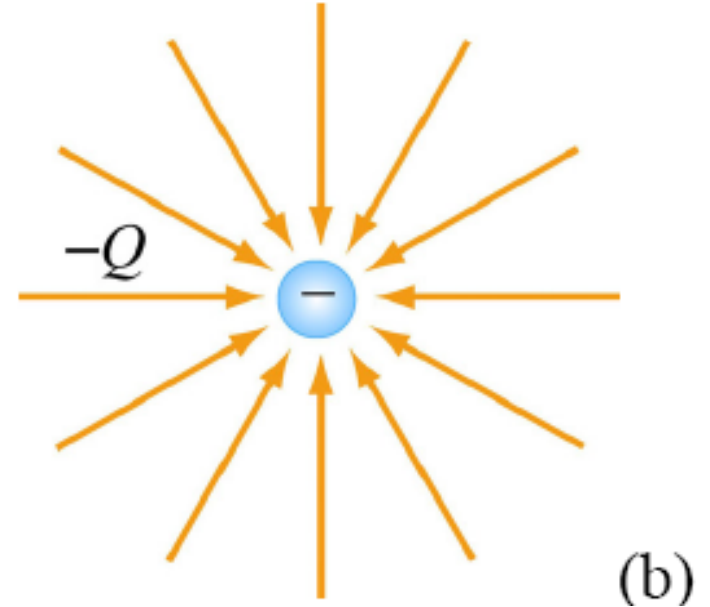
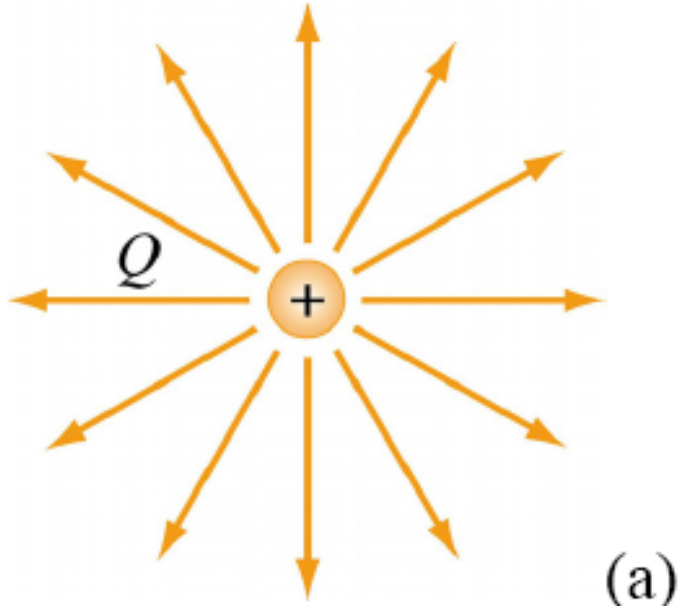
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \hat{r} \quad (V / m) \quad (3)$$

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 volúmica de cargas, em que $\rho = Q/V$

II. Campo Eléctrico

Linhas de campo para cargas pontuais isoladas



www.web.mit.edu

II. Campo Elétrico

Propriedades das linhas de campo elétrico

1. O vetor campo elétrico 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 elétrico apontaria em dois sentidos no mesmo ponto).

. Resolução de exercícios

1ª série.

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