



On White II, Wassily Kandinsky 1923

MCE_IM_2024-2025

Mecânica e Campo Eletromagnético

Aula 7

Cap. 3 – Carga eléctrica. Lei de Coulomb. Campo eléctrico. Diferença de potencial

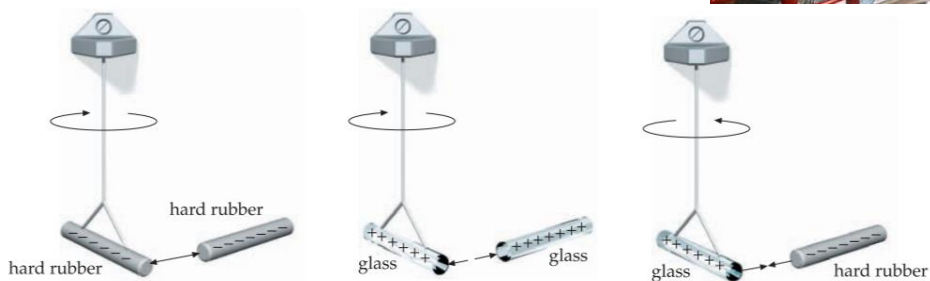
- Exemplos

Isabel Malaquias
imalaquias@ua.pt
 Gab. 13.3.16

1

Cap. 3 – Carga eléctrica. Lei de Coulomb.
 Campo eléctrico. Diferença de potencial

Noção de carga eléctrica



MCE_IM_2024-2025

2

Cap. 3 – Carga eléctrica. Lei de Coulomb. Campo eléctrico. Diferença de potencial

Propriedades importantes da carga eléctrica:

CONSERVAÇÃO DA CARGA - não é possível criar ou destruir carga eléctrica, apenas transferi-la.

Num sistema isolado, a carga total permanece constante.

É possível criar ou destruir partículas em colisões com energias muito altas, mas, sempre que se cria ou destrói uma partícula com carga, também se cria ou destrói a sua antipartícula, com carga igual e oposta.

QUANTIFICAÇÃO DA CARGA – qualquer carga eléctrica é sempre um múltiplo inteiro da carga elementar e :

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C (coulomb)}$$

INVARIÂNCIA DA CARGA – o valor da carga é o mesmo quer esteja em repouso quer esteja em movimento

PRINCÍPIO DA SOBREPOSIÇÃO - a acção de um conjunto de cargas é igual à soma da acção individual de cada uma das cargas

MCE_IM_2024-2025

3

Lei de Coulomb

Força electrostática ou de Coulomb entre 2 cargas eléctricas estacionárias q_1 e q_2

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

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ farad/metro (F.m}^{-1}\text{)}$$

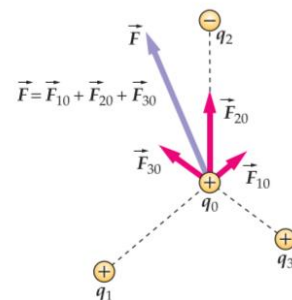
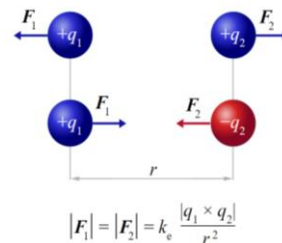
é a **PERMITIVIDADE** no vazio

Para n cargas no espaços, a força resultante sobre a carga Q será o resultado de somar todos os valores, i. é,

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

MCE_IM_2024-2025

4



Campo eléctrico \vec{E}

Uma carga eléctrica Q modifica o espaço à sua volta, produzindo um CAMPO ELÉCTRICO \vec{E} à sua volta.

O campo eléctrico \vec{E} produzido pela carga Q no ponto P define-se como a força que actua na carga de prova, dividida pelo valor da carga de prova

$$\frac{\vec{F}}{q_0} = \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r}$$

O campo eléctrico em qualquer ponto P **pode ser medido** por meio de uma **carga de prova, q_0** (positiva) colocada nas suas imediações.

O **campo eléctrico** resultante de um conjunto **n de cargas**, num ponto do espaço, será dado por

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r^2} \hat{r}$$

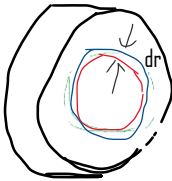
Para uma **DISTRIBUIÇÃO CONTÍNUA DE CARGA**, tem-se

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$$

MCE_IM_2024-2025

5

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



$$\sigma = \frac{dQ}{dS}$$

dS é um elemento de superfície

$$dS = 2\pi r dr$$

$$Q = \int_0^R \sigma 2\pi r dr$$

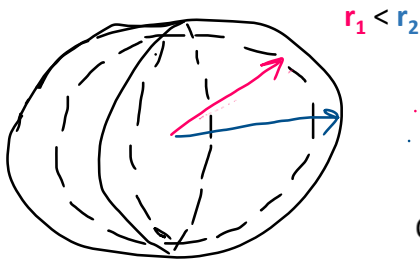
$$Q = 2\pi R^3 \text{ coulomb (C)}$$

$$Q = \int_0^R 3r 2\pi r dr$$

MCE_IM_2024-2025

6

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.



$$dQ = \rho dV = \rho 4 \pi r^2 dr$$

$$\rho = \text{constante} \cdot \frac{1}{r}$$

$$\rho = k \frac{1}{r}$$

$$Q = \int_{r_1}^{r_2} k \frac{1}{r} 4 \pi r^2 dr$$

$$Q = 2 \pi k (r_2^2 - r_1^2)$$

$$k = \frac{Q}{2 \pi (r_2^2 - r_1^2)}$$

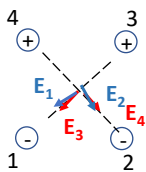
$$\rho = \frac{Q}{2 \pi (r_2^2 - r_1^2)} \cdot \frac{1}{r} \quad (\text{S.I.})$$

MCE_IM_2024-2025

7

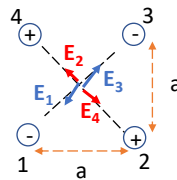
5. Quatro cargas $+q, +q, -q, -q$ estão colocadas nos vértices dum quadrado de lado a .

- a) Determine, para os dois casos de distribuição das cargas, o campo elétrico e o potencial no centro do quadrado.

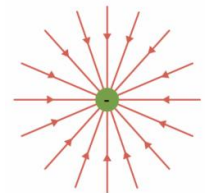
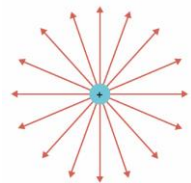


$$\vec{E}_{total} \neq 0$$

$$\vec{E}_{total} = -\frac{q \sqrt{2}}{\pi \epsilon_0 a^2} \hat{j}$$



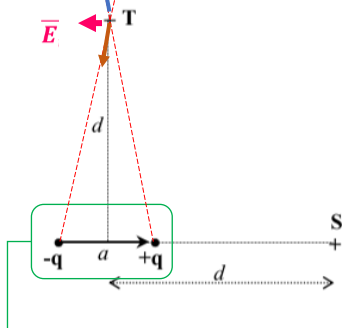
$$\vec{E}_{total} = 0$$



MCE_IM_2024-2025

8

6. Duas cargas iguais e de sinais contrários, com uma distância constante entre si constituem um dipolo (ver figura).



DIPOLO
ELÉCTRICO

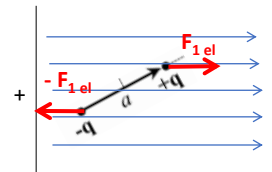
$\vec{\tau} = \text{MOMENTO DE FORÇA}$

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$\vec{M} = q \vec{a} \times \left[\frac{\vec{F}}{q} \right] \vec{E}$$

MCE_IM_2024-2025

- Mostre que o campo elétrico em **S** é paralelo ao vetor \vec{a} , e em **T** tem o sentido contrário.
- Determine o campo elétrico em **T** e em **S**, fazendo aproximações adequadas ($d \gg a$). Introduza no resultado o vector momento dipolar elétrico, $\vec{P} = q\vec{a}$
- Mostre que um dipolo colocado num campo elétrico uniforme \vec{E} fica sujeito a um binário cujo momento é dado por $\vec{M} = \vec{P} \times \vec{E}$.



exemplo de **BINÁRIO
DE FORÇAS** que origina
rotação

9