On White II, Wassily Kandinsky 1923

Mecânica e Campo Eletromagnético

Aula 8

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

- Exemplos

Isabel Malaquias
imalaquias@ua.pt
Gab. 13.3.16

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

Noção de carga eléctrica

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 ouu 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 = 1,602.10 $^{-19}$ 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

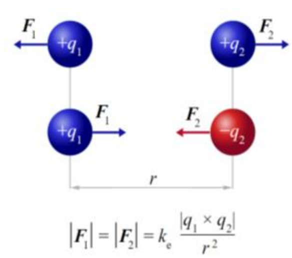
Lei de Coulomb

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

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\,\hat{r}$$

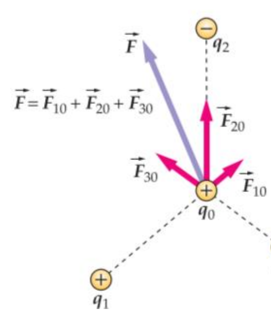
$\boldsymbol{\varepsilon_0}$ = 8,854.10^{-12} farad/metro (F.m^{-1})

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,

$$\vec{F} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r^2}\,\hat{r}$$



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

$$\boxed{\frac{\vec{F}}{q_0} = \vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\,\hat{r}}$$

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

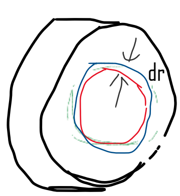
O **campo eléctrico** resultante de um conjunto **n de cargas**, num ponto do espaço, será dado por

$$\boxed{\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{r^2}\,\hat{r}}$$

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

$$\boxed{\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r^2}\,\hat{r}}$$

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



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

dS é um elemento de superfície

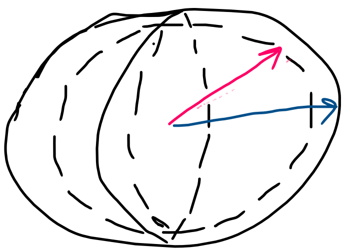
dS = 2πr dr

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

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

Q = 2π R^3 coulomb (C)

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.



$r_1 < r_2$

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

$$\rho = \text{constante}.\frac{1}{r} \qquad \rho = k\,\frac{1}{r}$$

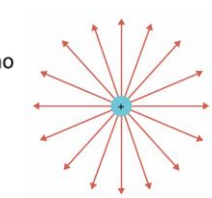
$$Q = \int_{r_1}^{r_2} k\,\frac{1}{r}\,4\,\pi\, r^2 dr \qquad Q = 2\,\pi\, k\,(r_2^{\,2} - r_1^{\,2})$$

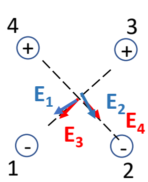
$$k = \frac{Q}{2\,\pi\,(r_2^{\,2} - r_1^{\,2})}$$

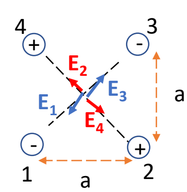
$$\boxed{\rho = = \frac{Q}{2\,\pi\,(r_2^{\,2} - r_1^{\,2})}\cdot\frac{1}{r}} \quad \text{(S.I.)}$$

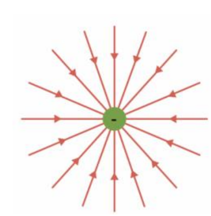
5. Quatro cargas +q,+q, −q,−q estão colocadas nos vértices dum quadrado de lado **a**.

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





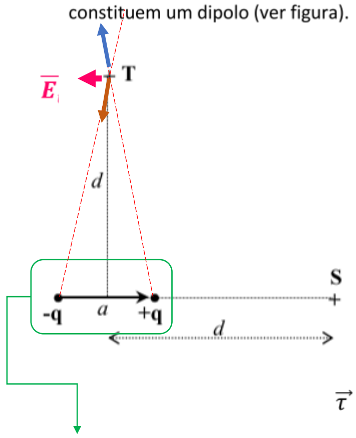




$$\overrightarrow{E_{total}} \neq 0 \qquad\qquad \overrightarrow{E_{total}} = 0$$

$$\overrightarrow{E_{total}} = -\,\frac{q\,\sqrt{2}}{\pi\varepsilon_0 a^2}\,\hat{\jmath}$$

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



DIPOLO ELÉCTRICO

a) Mostre que o campo elétrico em **S** é paralelo ao vetor $\vec{a}$, e em **T** tem o sentido contrário.

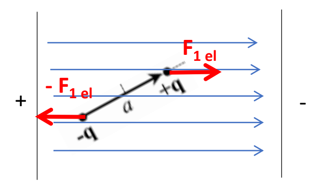
b) Determine o campo elétrico em **T** e em **S**, fazendo aproximações adequadas (***d>>a***). Introduza no resultado o vector momento dipolar elétrico, $\vec{P} = q\,\vec{a}$

c) Mostre que um dipolo colocado num campo elétrico uniforme $\vec{E}$ fica sujeito a um binário cujo momento é dado por $\vec{M} = \vec{P} \times \vec{E}$.

$\vec{\tau}$ = *MOMENTO DE FORÇA*

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

$$\vec{M} = q\,\vec{a} \times \boxed{\frac{\vec{F}}{q}}\ \vec{E}$$



exemplo de BINÁRIO DE FORÇAS que origina rotação