

CAMPO ELÉCTRICO. RESUMO

1. Forza electrostática

1.1. Carga eléctrica

A carga eléctrica é a propiedade da materia que sinalamos coma causa da interacción electromagnética. A súa unidade no Sistema Internacional é o coulombio (C).

As propiedades fundamentais da carga eléctrica son:

- Existen dous tipos de carga: positiva e negativa.
- A carga consérvase.
- A carga está cuantizada.

1.2. Forza entre cargas en repouso: lei de Coulomb. Principio de superposición

Lei de Coulomb: A forza de atracción ou repulsión entre dúas cargas eléctricas puntuais é directamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao cadrado da distancia que as separa.

$$\vec{F} = k \frac{QQ'}{r^2} \vec{u}_r \quad [1]$$

- Principio de superposición aplicado a forzas eléctricas

$$\vec{F} = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \dots$$

2. Campo electrostático

Campo é a rexión do espazo cuxas propiedades son alteradas pola presenza dunha carga.

2.1. Descrición e representación do campo eléctrico desde un punto de vista dinámico

a) Intensidade de campo eléctrico

Defínese intensidade do campo eléctrico, \vec{E} , nun punto como a forza que actúa sobre a unidade de carga testemuña positiva colocada en devandito punto. É dicir:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q'} = k \frac{Q}{r^2} \vec{u}_r$$

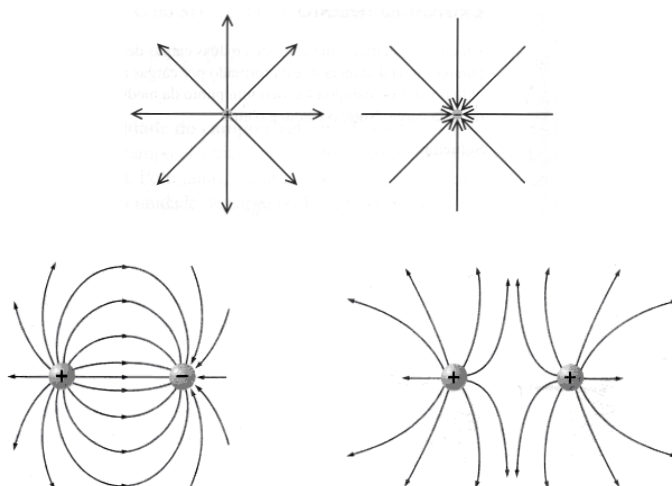
A unidade de intensidade do campo eléctrico no Sistema Internacional é o newton partido por coulombio (N/C).

b) Principio de superposición do campo eléctrico

$$\vec{E}_{total} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i = k \left(\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i^2} \right) \vec{u}_{r_i}$$

c) Representación do campo eléctrico mediante liñas de forza

As liñas de forza ou liñas de campo son tanxentes en cada punto á dirección do vector intensidade de campo eléctrico, \vec{E} , e asignámoslle o mesmo sentido que o do vector \vec{E} .



2.2. Descrición e representación do campo eléctrico desde un punto de vista enerxético

a) Enerxía potencial eléctrica

- **Cargas de distinto signo.**

$$E_p(r) = -k \frac{QQ'}{r}$$

- **Cargas do mesmo signo.**

$$E_p(r) = k \frac{QQ'}{r}$$

b) Enerxía potencial dun sistema de n cargas

$$E_{p\text{ sistema}} = k \left(\frac{Q_1 Q_2}{r_{12}} + \frac{Q_1 Q_3}{r_{13}} + \frac{Q_2 Q_3}{r_{23}} \right)$$

c) Potencial do campo eléctrico.

Para cargas puntuais:

$$V(r) = k \frac{Q}{r}$$

$$\left. \begin{aligned} W_A^B &= -\Delta E_p \\ \Delta E_p &= Q' \cdot \Delta V \end{aligned} \right\} \Rightarrow W_A^B = -Q' \cdot \Delta V = -Q' \cdot (V_B - V_A)$$

d) *Potencial debido a un sistema de n cargas*

$$V_{total} = \sum_{i=1}^n V_i = k \left(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} + \dots + \frac{Q_n}{r_n} \right) = k \left(\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{r_i} \right)$$

$$E_p = Q' V_{total}$$

e) *Diferenza de potencial entre dous puntos dun campo eléctrico. Superficies equipotenciais. Diferenza de potencial nun campo eléctrico uniforme*

$$V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} d\vec{r} \quad [3]$$

Todos os puntos que teñen o mesmo valor de potencial conforman o que se denomina unha **superficie equipotencial**.

- **Diferencia de potencial nun campo eléctrico uniforme**

Campo eléctrico ten a dirección do eixe X:

$$V_B - V_A = -Ed$$

2.3. Relación entre a intensidade de campo eléctrico, \vec{E} , e o potencial eléctrico, V

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V$$

2.4. Movemento de partículas cargadas nun campo eléctrico uniforme

a) *Movemento de partículas que inciden na dirección do campo*

$$W = -Q\Delta V = -Q(-Ed) = QEd$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = QEd \quad \Rightarrow \quad v^2 = v_0^2 + \frac{2QEd}{m}$$

Desto conclúese que:

- Se a carga é negativa, a súa velocidade irá diminuindo ata inverter o seu movemento
- A igualdade de velocidade inicial e carga, alcanzan maior velocidade as partículas máis lixeiras.

b) *Movemento de partículas que inciden perpendicularmente ó campo*

$$QE = ma_y \quad \Rightarrow \quad a_y = \frac{QE}{m}$$

$$\left. \begin{aligned} x &= v_0 t \\ y &= \frac{1}{2} a_y t^2 = \frac{QE}{2m} t^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow y = \frac{QE}{2mv_0^2} x^2$$

2.5. Cálculo do campo eléctrico e o potencial mediante o teorema de Gauss.

O fluxo do campo eléctrico ou fluxo eléctrico, Φ , é unha medida do número de liñas de forza que atravesan unha superficie dada.

- **Campo uniforme e superficie plana**

$$\Phi = \vec{E} \cdot \vec{S} = ES \cos \theta$$

- **Campo variable e superficie calquera**

$$\Phi = \int_S d\Phi = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

a) Teorema de Gauss

O fluxo do campo \vec{E} debido a unha carga puntual Q a través dunha superficie cerrada S é igual a cero se a carga é exterior ao recinto limitado pola superficie S , e igual a $\frac{Q}{\epsilon}$ se a carga é interior ao mesmo; ou en termos matemáticos:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \begin{cases} 0 & \text{se } Q \text{ é exterior} \\ \frac{Q}{\epsilon} & \text{se } Q \text{ é interior} \end{cases} \rightarrow \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{\text{int}}}{\epsilon}$$

b) Aplicacións do teorema de Gauss ó cálculo do campo \vec{E}

a) Campo debido a unha distribución rectilínea homoxénea e indefinida de carga

$$E = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon}$$

b) Campo nas proximidades da superficie dun condutor

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

c) Campo debido a unha lámina cargada nas proximidades da súa superficie.

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon}$$

d) Campo debido a unha esfera condutora

- **En puntos interiores ($r < R$)**

$$E = 0$$

- **En puntos exteriores ($r > R$)**

$$E = \frac{\sigma R^2}{\epsilon r^2} \rightarrow E = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2}$$

- **Na superficie ($r=R$)**

$$E = \frac{\sigma R^2}{\epsilon R^2} = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

c) *Aplicacións do teorema de Gauss ó cálculo do potencial V*

- **Potencial debido a unha distribución rectilínea, homoxénea e indefinida de carga**

Do apartado 2.2.e) temos que

$$V(r) = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \ln \frac{1}{r}$$

- **Potencial debido a unha distribución superficial, homoxénea e esférica de carga (esfera condutora)**

1) *En puntos exteriores ($r > R$)*

$$V(r) = \frac{\sigma R^2}{\epsilon r} \rightarrow V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon r}$$

2) *En puntos da superficie ($r=R$)*

$$V(r) = \frac{\sigma R}{\epsilon}$$

3) *En puntos interiores ($r < R$)*

$$V(r) = V(R) = \frac{\sigma R}{\epsilon}$$