

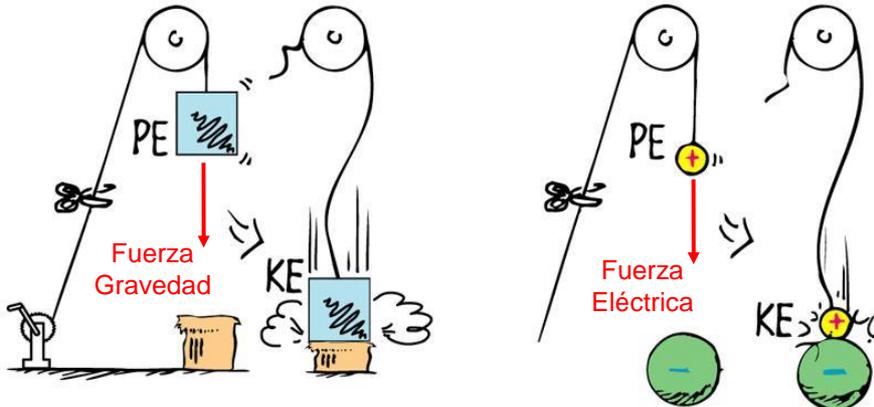
# Módulo 1: Electrostatica

## Potencial eléctrico

1

## Energía potencial electrostática

Se tiene una analogía entre la energía potencial gravitatoria (debida a la fuerza de la gravedad) y la energía potencial eléctrica (debida a la fuerza eléctrica entre cargas)



2

## Energía potencial eléctrica

- Es el trabajo que tiene que realizar una fuerza exterior para llevar una carga  $q'$  desde el infinito al punto en presencia de una carga  $q$ .

$$U(p) = k \cdot q \cdot q' / r$$

- El trabajo es positivo si las cargas tienen distinto signo, y negativo si tienen el mismo signo

3

## Potencial eléctrico

- El potencial eléctrico es la energía potencial electrostática por unidad de carga

$$V = U / q_0$$

siendo  $U$  la energía potencial electrostática

- Sus unidades son voltios (V)
- Y por definición,  $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$
- Nota: se usa  $U$  y no la  $E$  para designar a la energía potencial electrostática por no confundirlo con el campo eléctrico

7

## Potencial eléctrico

- De aquí viene la unidad para medir la energía, electrón voltio, que se define como:

$$[U]=[Energía]=e \cdot V$$

siendo e la carga del electron (en valor absoluto)

- Es decir, es la energía que adquiere un electrón cuando es acelerado por una diferencia de potencial de 1 V.
- Muy usada en ciertos campos de la física, como la física atómica o la física nuclear.

8

## Potencial eléctrico debido a cargas puntuales

- Para calcular el potencial eléctrico debido a un sistema de cargas puntuales utilizaremos la siguiente fórmula:

$$V = \sum_i k \frac{q_i}{r_i}$$

- siendo r la distancia que hay entre la carga que origina el potencial y el punto donde se calcula
- ¡Notar que es un escalar!
- Es positivo o negativo dependiendo de la carga que origine el potencial

9

## Ejemplo

- Dos cargas puntuales de  $+5 \text{ nC}$  se encuentran sobre el eje  $x$ . Una se encuentra en el origen, y la otra en  $x=8 \text{ cm}$ .
- Determinar el potencial en el punto  $P_1$  situado sobre el eje  $x$  en  $x=4 \text{ cm}$ .
  - Sol:  $2.25 \text{ kV}$

10

## Ejemplo

- La distancia media que hay de un protón a un electrón en el átomo de Hidrógeno es  $0.529 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .
- ¿Cuál es el potencial eléctrico debido al protón al que se ve sometido el electrón?
  - Sol:  $27.2 \text{ V}$
- ¿Cuál es la energía potencial eléctrica del electrón?
  - Sol:  $-27.2 \text{ eV}$

11

## Potencial eléctrico

- El potencial en un punto dado es el trabajo por unidad de carga necesario para llevar una carga testigo desde el infinito, donde el potencial es 0, y por lo tanto es el punto de referencia, hasta el punto donde lo estoy calculando.

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q} = \frac{W_A^B}{q} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

13

## Potencial eléctrico y campo eléctrico

- Otra fórmula:

$$dV = \frac{dU}{q} = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

- Si integramos:

$$V_B - V_A = -\int \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

14

## Relación entre el potencial y el campo eléctrico

- El campo eléctrico y el potencial se relacionan por:

$$\vec{E} = -\nabla V = -\left(\frac{\partial V}{\partial X} \vec{i} + \frac{\partial V}{\partial Y} \vec{j} + \frac{\partial V}{\partial Z} \vec{k}\right)$$

- El gradiente es un operador vectorial utilizado para relacionar entre sí campos vectoriales y campos escalares

15

## Ejemplo

- Ej 21 Hoja 3. El potencial en un punto de coordenadas  $(x, y, z)$  queda determinado por la ecuación  $V = 3x + y^2/x - 3yz + 35$  (V), se pide calcular:
- La fuerza que actúa sobre una carga puntual de  $200 \mu\text{C}$  localizada en el punto A  $(1, 2, 1)$  m.
- El trabajo realizado por el campo eléctrico cuando desplazamos dicha carga del punto A al B  $(-1, 3, 2)$  m.

16

## Teorema

- El campo electrostático es conservativo.
- Eso significa que el trabajo realizado para desplazar una partícula entre dos puntos es independiente de la trayectoria seguida entre tales puntos.
- Sólo depende de los puntos inicial y final de la circulación.
- Matemáticamente:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{r} = 0$$

17

## Teorema

- Otra forma:
- Si un campo  $E(x, y, z)$  es un campo conservativo entonces el rotacional ( $E$ ) es nulo.
- Matemáticamente:

$$\text{rot } \vec{E} = \vec{\nabla} \times \vec{E} = 0$$

18

## Ejemplo

- Ej 22 Hoja 3. El campo electrostático de una zona del espacio viene dado por la ecuación  $\mathbf{E} = 6xy \mathbf{i} + (3x^2 - 3y^2) \mathbf{j}$ .
- Demostrar que este campo es conservativo

19

## Distribuciones continuas de carga

- Distribución lineal de carga

$$V(P) = k \int \frac{\lambda}{r} dl$$

- Distribución superficial de carga

$$V(P) = k \int \frac{\sigma}{r} ds$$

- Distribución volumétrica de carga

$$V(P) = k \int \frac{\rho}{r} dv$$

20

## Ejemplo

- Ej. 26 Hoja 3. Un anillo de radio  $R$  está cargado con una densidad de carga uniforme y lineal  $\lambda$ . Se pide determinar:
  - a) El potencial en un punto de su eje.
  - b) El campo eléctrico en dicho punto y debido a tal distribución de carga.

21

## Ejemplo

- Ej. 27 Hoja 3. Un disco plano de radio  $a$  está cargado uniformemente con una densidad superficial de carga  $\sigma$ . Se pide calcular:
  - a) El potencial electrostático en un punto de su eje.
  - b) La intensidad del campo electrostático en dicho punto y debido a tal distribución de carga.

22

## Ejemplo

- Ej 19 Hoja 3. Calcular el potencial eléctrico creado por un volumen esférico de radio  $R$ , cargada con una densidad volumétrica de carga  $\rho$  constante, en un punto situado a una distancia  $r$  del eje en los casos siguientes:
  - a)  $r \leq R$  (interior de la esfera)
  - b)  $r \geq R$  (exterior de la esfera)

23

## Ejemplo

- Calcular el potencial eléctrico creado por un conductor esférico hueco de radio  $R$ , cargado con una densidad superficial de carga  $\sigma$  constante, en un punto situado a una distancia  $r$  del eje en los casos siguientes:
  - a)  $r \leq R$  (interior del conductor)
  - b)  $r \geq R$  (exterior del conductor)

24