

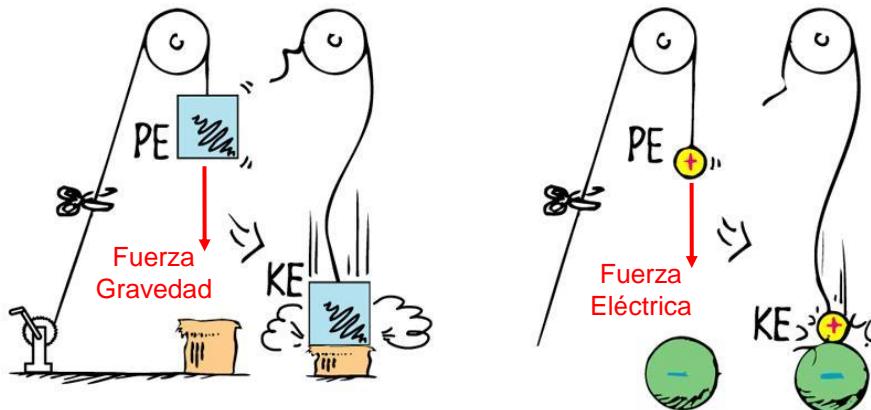
Módulo 1: Electrostatica

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 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 V
- ¿Cuál es la energía potencial eléctrica del electrón?
 - Sol: -27.2 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 μC 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 λ . 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 σ . 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 ρ 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 σ 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