Potencial Electrostático

INTRODUCCIÓN

- Este concepto físico se conoce también con los nombres de: tensión, diferencia de potencial, voltaje, fuerza electromotriz (fem).
- El calculo del potencial eléctrico como se basa en el principio de conservación de la energía, facilita la resolución del problema.
- El potencial es una magnitud escalar.
- El potencial eléctrico esta relacionado con la energía potencial electrostática.
- El campo eléctrico es fundamental para la existencia del potencial. Además el campo eléctrico es un campo conservativo: origina fuerzas de tipo conservativas.

Desplazamiento de una carga en presencia de un campo eléctrico

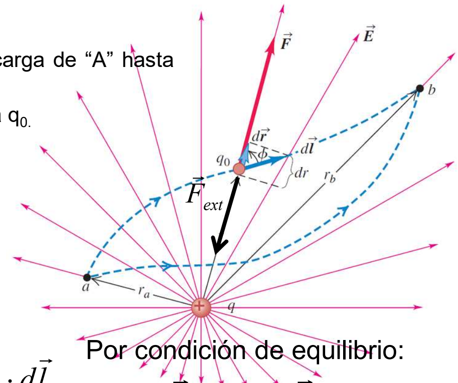
La figura muestra un campo eléctrico producido por una carga positiva. Supongamos que un agente externo ($\vec{F}_{ext}$) desplaza la carga q_0 desde el punto A al B, La fuerza externa debe realizar trabajo sobre q_0 contra la fuerza eléctrica del campo.

$\vec{F}_{ext}$ = Fuerza externa que traslada la carga de “A” hasta “B”.

$\vec{F}$ = Fuerza eléctrica que experimenta q_0.

q_0 = Carga a transportar entre A y B

$d\vec{l}$ = Elemento infinitesimal de desplazamiento a lo largo de la trayectoria.



El trabajo realizado por la fuerza externa para desplazar la carga desde A hasta B, es:

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}_{ext} \cdot d\vec{l}$$

Por condición de equilibrio:

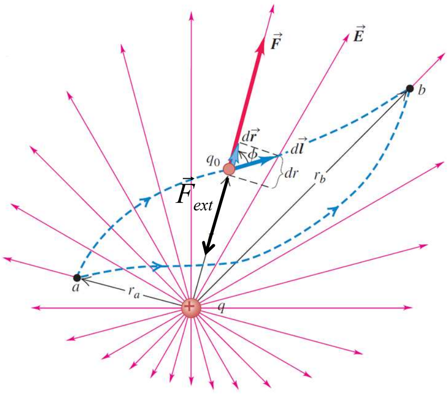
$$\vec{F}_{ext} = -\vec{F}_e$$

Desplazamiento de una carga en presencia de un campo eléctrico

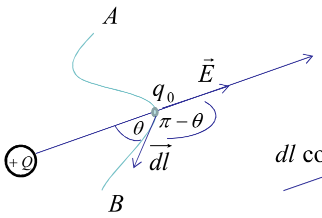
$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}_{ext} \cdot d\vec{l}$$

$$(si, \vec{F}_{ext} = -\vec{F} \quad y, \vec{F} = q_0 \vec{E})$$

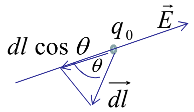
$$\boxed{W_{AB} = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}}$$



La Fuerza eléctrica es conservativa



$$W_{AB} = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \rightarrow -q_0 \int_A^B Edl \overbrace{\cos(\pi - \theta)}^{-cos\theta}$$



$$W_{AB} = q_0 \int_A^B E \cdot \underbrace{dl \cos(\theta)}_{-\,dr}$$

-dr: decremento de elemento infinitesimal radial

$$W_{AB} = -q_0 \int_A^B Edr \quad , Si : E = \frac{kQ}{r^2} \quad \rightarrow W_{AB} = -q_0 kQ \int_A^B \frac{dr}{r^2}$$

Como W_{AB} solo le interesa el punto de llegada "B" y el punto de partida "A", el trabajo de la fuerza es independiente de la trayectoria.

$$\therefore \vec{F} \rightarrow Es\_conservativa$$

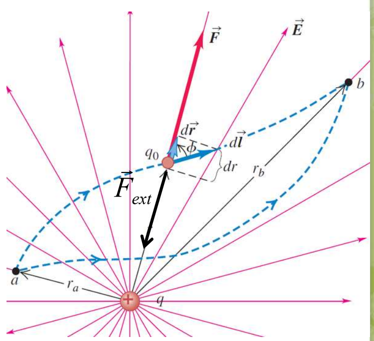
$$W_{AB} = q_0 kQ \left[\frac{1}{r_B - r_A} \right]$$

Trabajo de una fuerza conservativa

$$W_{AB} = q_0 kQ \left[\frac{1}{r_B - r_A} \right]$$

Como la fuerza eléctrica es una fuerza conservativa. En este caso el trabajo puede expresarse como una variación de energía potencial eléctrica, esto es:

$$W_{AB} = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = \Delta U$$

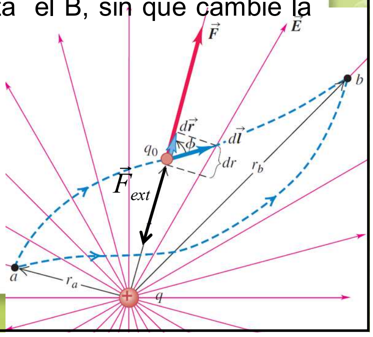


Diferencia de potencial (ΔV)

La variación de energía potencial eléctrica por unidad de carga corresponde a la diferencia de potencial entre dos puntos A y B.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q_0} = \frac{W_{AB}}{q_0} \quad \Rightarrow \quad W_{AB} = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\Delta V = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}}$$

La energía potencial es una magnitud escalar, por lo tanto el potencial también lo es. De donde se que: la diferencia de potencial es igual al trabajo por unidad de carga que debe realizar un agente externo para mover una carga de prueba del punto A hasta el B, sin que cambie la energía cinética.



Sistemas de referencia

En potencial se emplean dos referencias:

i. El infinito: $V_\infty = 0$

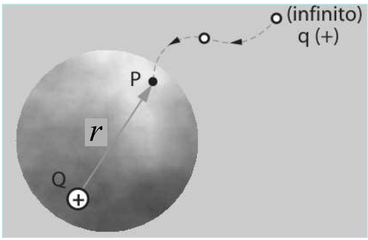
ii. La tierra: $\perp \quad \perp \quad \rightarrow \quad V_{\perp} = 0$

Potencial en un punto "P"

Para determinar el potencial en un punto, tomaremos como referencia el potencial cero en el infinito, es decir un punto infinitamente lejos de las cargas que producen campo eléctrico, así V_A=0 en el infinito, entonces el potencial en cualquier pinto P esta dado por:

De la expresión: $V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_P = -\int_\infty^P \vec{E} \cdot d\vec{l}}$

Entonces V_P representa la diferencia de potencial entre el punto P y un punto en el infinito



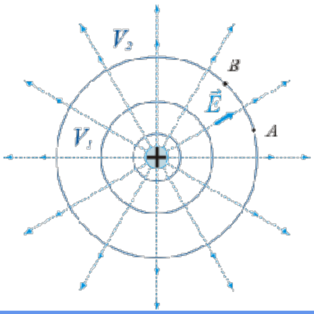
Unidades

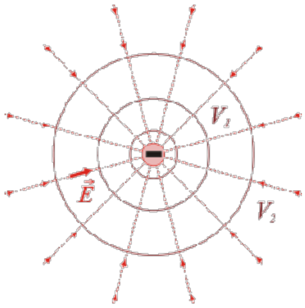
	V	Q	d	K
S.I.	voltio (v)	C	m	$9\times10^9 \frac{N-m^2}{C^2}$

$$1V = 1\frac{J}{C} \qquad 1\frac{N}{C} = 1\frac{V}{m}$$

Superficies equipotenciales

Las superficies equipotenciales son aquellas en las que el **potencial toma un valor constante**. Por ejemplo, las superficies equipotenciales creadas por cargas puntuales son esferas concéntricas centradas en la carga, como se deduce de la definición de potencial (r = cte).





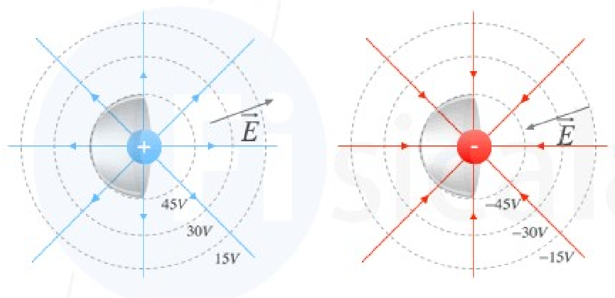
Cuando una carga se mueve sobre una superficie equipotencial la fuerza electrostática no realiza trabajo, puesto que la ΔV es nula.

fppt.com

Potencial eléctrico

•Las cargas positivas se mueven desde zonas de mayor potencial eléctrico a zonas de menor potencial eléctrico.
•Las cargas negativas se mueven desde zonas de menor potencial eléctrico a zonas de mayor potencial eléctrico.

"La intensidad de campo eléctrico apunta siempre hacia potenciales decreciente"

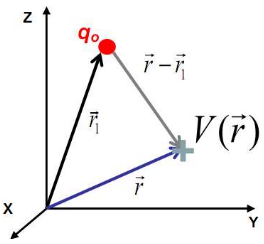


fppt.com

Cálculo del Potencial debido a:

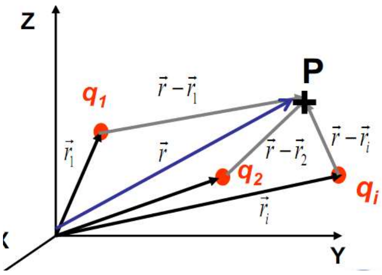
a) **Carga puntual**

$$V_p = k\frac{q}{\left\|\vec{r}-\vec{r}'\right\|}$$



b) **n Cargas puntuales:**

$$V_p = k\sum_{i=1}^{n}\frac{q_i}{\left\|\vec{r}-\vec{r}'\right\|}$$

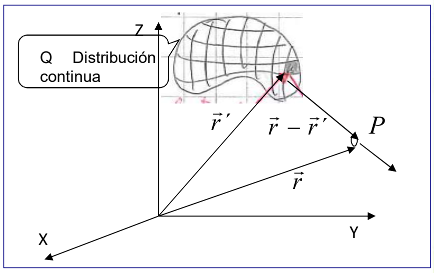


Cálculo del Potencial debido a:

b) **Distribuciones continuas:**

$$V_p = k\int_R \frac{dq}{\left\|\vec{r}-\vec{r}'\right\|}$$

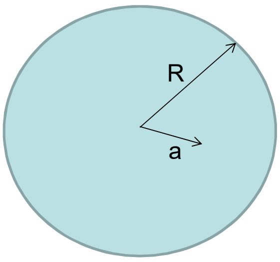
R: Región que contiene carga eléctrica. Puede ser:
Volumen
Longitud
Superficie



Ejercicio

Una carga q se distribuye uniformemente en un volumen esférico no conductor de radio R. Demostrar que el potencial a una distancia a del centro, siendo a<R esta dado por:

$$V_a = \frac{q(3R^2 - a^2)}{8\pi\varepsilon_0 R^3}[V]$$



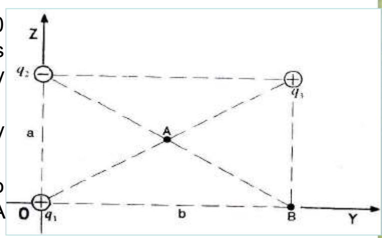
fppt.com

Ejemplo

- La figura muestra 3 cargas puntuales, q_1=40 [uC]; q_2=-50[uC] y q_3=30 [uC] ubicadas en los vértices de un rectángulo de lados a=30[cm] y b=40[cm], calcule:

a) La diferencia de potencial entre los puntos A y B.

b) El trabajo que debe realizar un agente externo para trasladar una carga q_0= 0,2 [uC] desde A hasta B.



1. Diferencia de potencial entre los puntos A y B.

a. Potencial en A

$$V_A = \frac{k\,q_1}{|\vec{r}_A - \vec{r}_1|} + \frac{k\,q_2}{|\vec{r}_A - \vec{r}_2|} + \frac{k\,q_3}{|\vec{r}_A - \vec{r}_3|} = 7{,}2 \cdot 10^5\ [V]$$

b. Potencial en B

$$V_B = \frac{k\,q_1}{|\vec{r}_B - \vec{r}_1|} + \frac{k\,q_2}{|\vec{r}_B - \vec{r}_2|} + \frac{k\,q_3}{|\vec{r}_B - \vec{r}_3|} = 9{,}0 \cdot 10^5\ [V]$$

c. Diferencia de potencial

$\Delta V = V_B - V_A = 1{,}8 \cdot 10^5\ [V]$

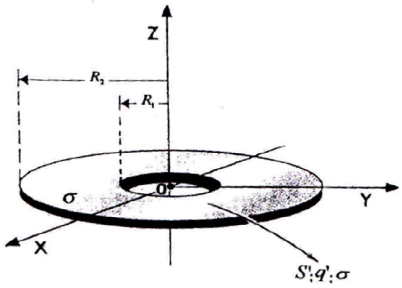
2. Trabajo necesario para trasladar la carga q_0

a. $\Delta V = \Delta W/q \longrightarrow$ b. $\Delta W = q\,\Delta V \longrightarrow$ c. $\Delta W = q_0\,\Delta V = +\,0{,}036\,[J]$

fppt.com

Ejemplo

Si la corona de la figura de radio interior R1 y exterior R2 tiene una densidad superficial de carga σ =cte, calcular el potencial eléctrico en el centro de la corona



1. Potencial en el centro de la corona, figura 2.

a. $V(\vec{r}) = V(r) = V(\vec{0}) = \int_{q'} \frac{k\, dq'}{|\vec{r} - \vec{r}'|}$

b. $dq' = \sigma\, dS' = \sigma\, r'\, dr'\, d\theta'$

c. $|\vec{r} - \vec{r}'| = |\vec{0} - r'\hat{r}| = r'$

d. $V(\vec{r}) = \int_{q'} \frac{k\,\sigma\, r'\, dr'\, d\theta'}{r'} = k\,\sigma \int_{R_1}^{R_2} dr' \int_0^{2\pi} d\theta'$

e. $V(\vec{0}) = k\,\sigma\,(R_2 - R_1)\,(2\pi) = 2\pi\, k\,\sigma\,(R_2 - R_1)$

fppt.com