TEMA 2.2

# POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/labdemfi/electrostatica/html/contenido.html

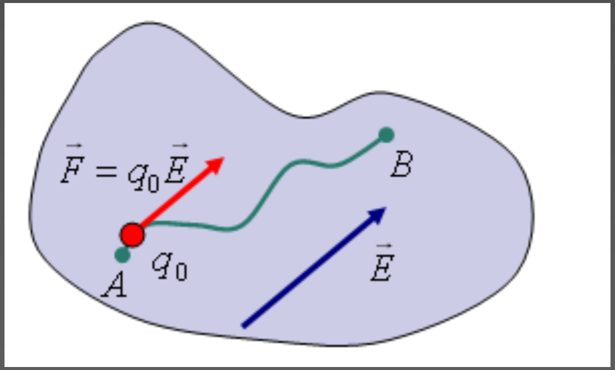
## CONTENIDOS CONCEPTUALES

- Energía y Potencial Electrostático.
- Cálculo del Potencial Electrostático debido a sistemas de cargas puntuales y distribuciones continuas de carga
- Determinación del campo electrostático a partir del potencial.

# POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

Trabajo:

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{l} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

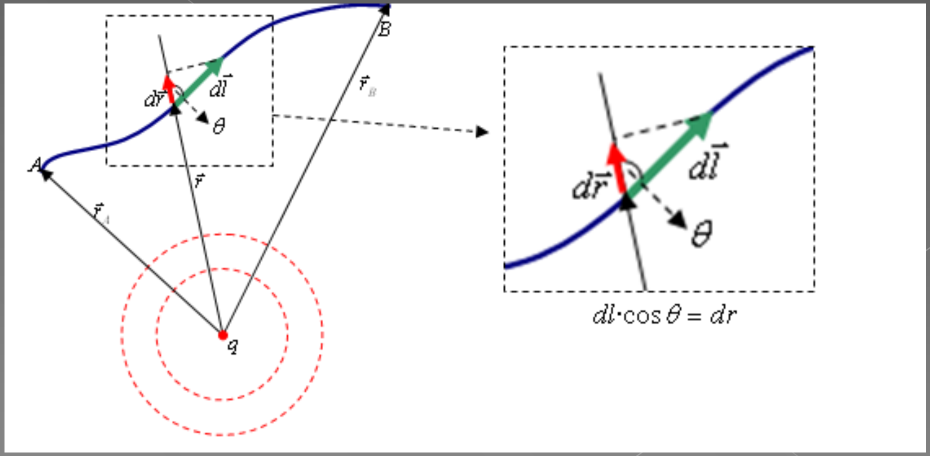



Energía Potencial:

$$dU = -dW = -\vec{F} \cdot d\vec{l} = -q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

POTENCIAL ELECTROSTÁTICO:

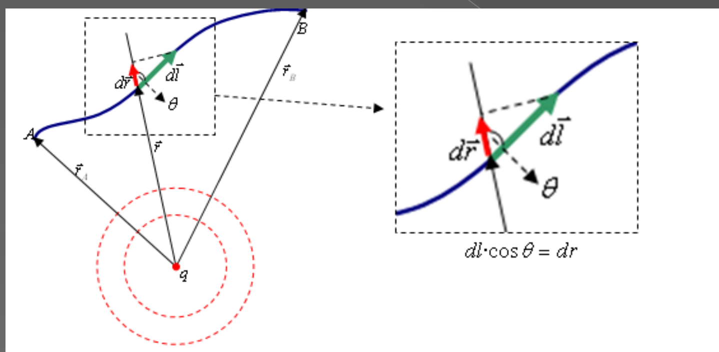
$$\boxed{dV = \frac{dU}{q_0} = -\vec{E} \cdot d\vec{l}}$$



# POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

## ENERGÍA Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

## POTENCIAL ELECTROSTÁTICO DEBIDO A CARGAS PUNTUALES




$$\Delta V = V_B - V_A = -\int_A^{B\,\infty} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\int_A^B E \cdot dl \cdot \cos\theta =$$

$$= -\int_A^B E \cdot dr = -\int_A^B \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} dr = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right)$$

$$\Delta V = V_B - V_A = -\int_r^\infty \vec{E}\, d\vec{l} = -\int_r^\infty E\, dl \cos\theta = -\int_r^\infty E\, dr = -\int_r^\infty \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

Potencial en un punto

$$[V(r_A = \infty) = 0]: \; V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r} = k \cdot \frac{q}{r}$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0}\left(\cancel{\frac{1}{r_\infty}}^{\,0} - \frac{1}{r_r}\right) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

Principio de superposición

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

# POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

La **diferencia de potencial entre dos puntos A y B** se define como la variación de energía potencial por unidad de carga del sistema carga-campo cuando la carga de prueba se mueve entre ambos puntos:

$$\boxed{\Delta V = V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{l}}$$

$$\boxed{dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l}}$$

**Potencial ELECTROSTÁTICO en un punto:** trabajo requerido para trasladar una partícula de prueba desde el infinito hasta dicho punto.

$$V_A = V_\infty = 0$$

$$\boxed{V_P = V_P - V_\infty = -\int_\infty^P \vec{E}\cdot d\vec{l}}$$

# POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

ENERGÍA Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

## PROPIEDADES DEL POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

- Depende únicamente de las cargas que crean el campo.
- Magnitud escalar función de la posición
- Función continua en todos los puntos del espacio

## UNIDADES DEL POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

**Voltio:** $1V \equiv 1J/C$

Consecuencia:

Unidad de campo ELECTROSTÁTICO: $1N/C = 1V/m$

Unidad de energía: $1eV = (1e)(1V) = (1.60 \cdot 10^{-19}\,C)(1J/C) = 1.60 \cdot 10^{-19}\,J$

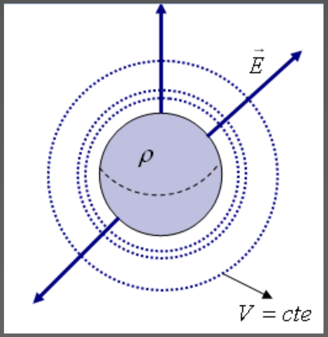
# POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

## ENERGÍA Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

### SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

Lugar geométrico de los puntos del espacio en los que la función potencial toma el mismo valor.

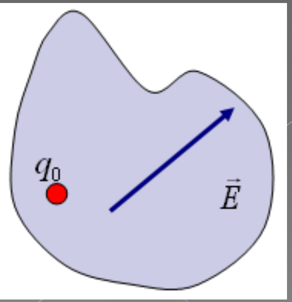
PROPIEDADES




- Dos superficies equipotenciales no se pueden cortar.
- Las superficies equipotenciales son perpendiculares a las líneas de campo.
- Las líneas de campo se dirigen en la dirección de los potenciales decrecientes.

$q_0$ se acelera en la dirección del campo:

$E_c \uparrow \Rightarrow U \downarrow$ la carga se mueve hacia la región de menor energía potencial.

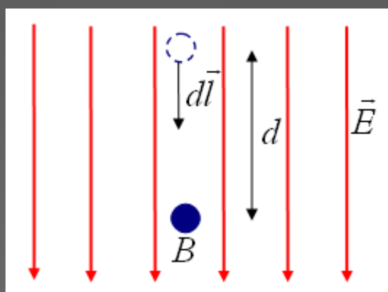


# POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

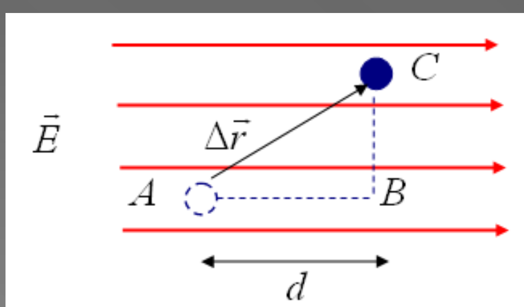
## ENERGÍA Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

## CÁLCULO DEL POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

DIFERENCIA DE POTENCIAL EN UN CAMPO ELECTROSTÁTICO UNIFORME




$$\Delta V = V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\int_A^B E\cdot dl = -Ed$$




$$\Delta V = V_C - V_A = -\int_A^C \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\vec{E}\cdot\int_A^C d\vec{l} =$$
$$= -\vec{E}\cdot\Delta\vec{r} = -\left|\vec{E}\right|\cdot\left|\Delta\vec{r}\right|\cos\theta = -Ed = V_B - V_A$$

$$V_C - V_A = V_B - V_A \Rightarrow$$

Superficies equipotenciales: planos perpendiculares a las líneas de campo

# POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

ENERGÍA Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

## POTENCIAL ELECTROSTÁTICO DEBIDO A DISTRIBUCIONES CONTINUAS DE CARGA

Principio de superposición (no es válida cuando la distribución de cargas se extiende al infinito):

$$V = \int k \cdot \frac{dq}{r}$$

Definición de potencial

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

# DETERMINACIÓN DEL CAMPO ELECTROSTÁTICO A PARTIR DEL POTENCIAL

## ENERGÍA Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -E_l dl \quad \Rightarrow \quad E_l = -\frac{dV}{dl}$$

$\vec{E} = E_x \vec{i}$ :

$$dV(x) = -\vec{E}\cdot d\vec{l} = -E_x \vec{i}\cdot\left(dx\vec{i} + dy\vec{j} + dz\vec{k}\right) = -E_x dx \Rightarrow E_x = -\frac{dV(x)}{dx}$$

$\vec{E} = E_y \vec{j}$ :

$$dV(y) = -E_y dy \Rightarrow E_y = -\frac{dV(y)}{dy}$$

$\vec{E} = E_z \vec{k}$ :

$$dV(z) = -E_z dz \Rightarrow E_z = -\frac{dV(z)}{dz}$$

En general:

El campo electrostático deriva del potencial a través de su gradiente

$$\boxed{\vec{E}(x,y,z) = -\frac{\partial V}{\partial x}\vec{i} - \frac{\partial V}{\partial y}\vec{j} - \frac{\partial V}{\partial z}\vec{k} = -\vec{\nabla} V}$$

**CAMPO Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO EN UN CONDUCTOR**

CONDUCTOR: Material en el que la carga puede moverse libremente.

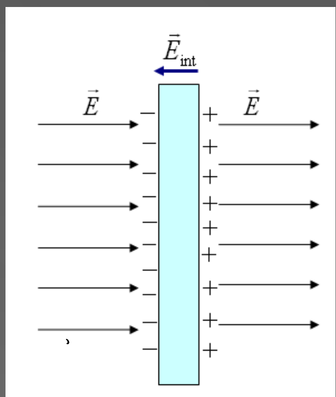
Se dice que un conductor está en EQUILIBRIO ELECTROSTÁTICO cuando no existe movimiento de carga neta sobre el conductor.

PROPIEDADES:

- Campo ELECTROSTÁTICO nulo en el interior del conductor.
- Carga neta distribuida sobre su superficie.
- Campo ELECTROSTÁTICO exterior perpendicular a la superficie y de módulo $\sigma/\varepsilon_0$
- Son superficies equipotenciales.

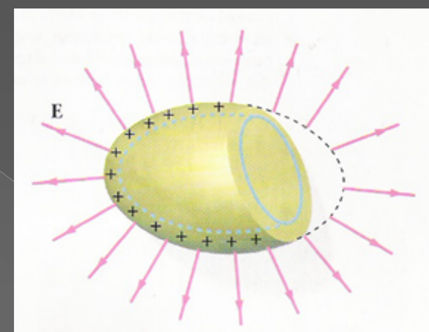
Campo ELECTROSTÁTICO nulo en el interior.

# CAMPO Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO EN UN CONDUCTOR



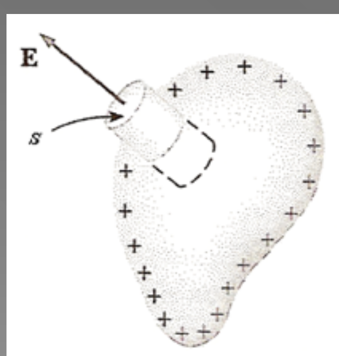

$$\vec{E}_T = \vec{E} - \vec{E}_{int}$$

## Carga neta sobre la superficie



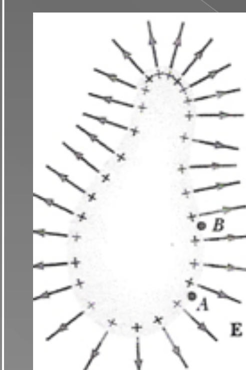

$$\left.\begin{aligned} &\Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{s} = \frac{Q}{\varepsilon_0} \\ &\vec{E} = 0 \end{aligned}\right\} Q = 0$$

Campo ELECTROSTÁTICO exterior perpendicular a la superficie y de módulo constante




$$\left.\begin{aligned} &\phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = ES \\ &\phi_E = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0} \end{aligned}\right\} \sigma/\varepsilon_0$$

**Son superficies equipotenciales**




$$\vec{E} \perp d\vec{l} \Rightarrow \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = \int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0$$

$$V_B = V_A \Rightarrow V = cte$$