TEMA 2

2.2 POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

CONTENIDOS CONCEPTUALES

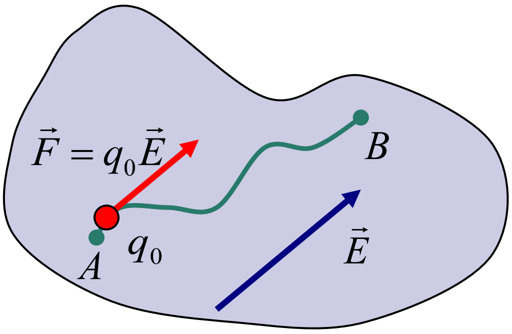
4.1. Energía y Potencial ELECTROSTÁTICO
 4.1.1. Propiedades del Potencial ELECTROSTÁTICO
 4.1.2. Unidades del Potencial ELECTROSTÁTICO
 4.1.3. Superficies Equipotenciales
4.2. Cálculo del Potencial Electrostático
 4.2.1. Diferencia de Potencial en un Campo ELECTROSTÁTICO Uniforme.
 4.2.2. Potencial ELECTROSTÁTICO debido a Cargas Puntuales
 4.2.3. Potencial ELECTROSTÁTICO debido a Distribuciones Continuas de Carga
4.3. Determinación del campo ELECTROSTÁTICO a partir del potencial.
4.4. Campo y potencial ELECTROSTÁTICO en un conductor.
 4.4.1. Campo ELECTROSTÁTICO y Carga en Conductores.
 4.4.2. Potencial ELECTROSTÁTICO y Carga en Conductores.

BIBLIOGRAFÍA

1) P.A. Tipler, "Física. Volumen II". 4ª Edición. Ed. Reverté. Barcelona.

2) R.A. Serway, "FISICA. Volumen 2". 3ª Edición. Ed. Thomson.

ENERGÍA Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO



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

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

$$\boxed{\Delta U = U_B - U_A = -q_0\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{l}}$$

POTENCIAL ELECTROSTÁTICO:

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

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:

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

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

$V_A = V_\infty = 0$

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

PROPIEDADES DEL POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

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

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

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

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

$$\Delta V = -\left(E_x\right)_m\left(x_2 - x_1\right)$$

$$x_2 \to x_1 : \Delta V = 0$$

UNIDADES DEL POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

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

Consecuencia:

- Unidad de campo ELECTROSTÁTICO:

$$1N/C = 1V/m$$

- Unidad de energía:

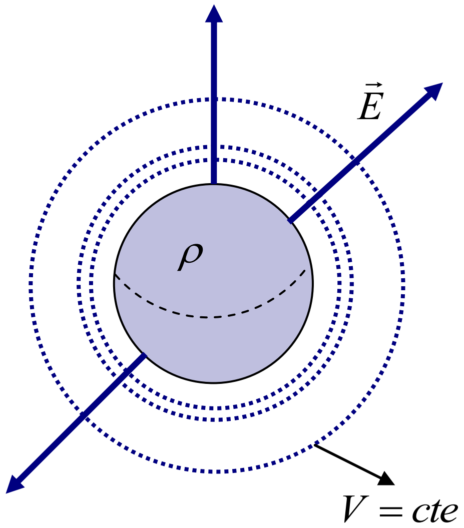
$$1eV = (1e)(1V) = \left(1.60\cdot10^{-19}C\right)(1J/C) = 1.60\cdot10^{-19}J$$

SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES:

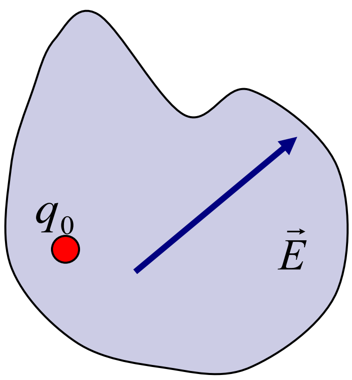
Lugar geométrico de los puntos del espacio en los que la función potencial toma el mismo valor.

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.

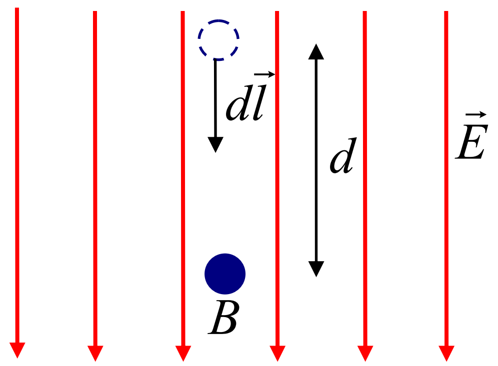


q_0 se acelera en la dirección del campo:

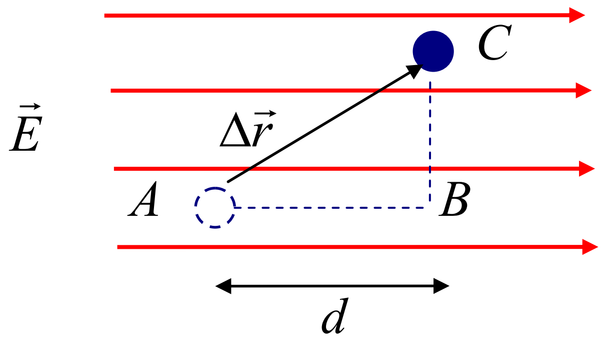
$E_c \uparrow \Rightarrow U \downarrow$: la carga se mueve hacia la región de menor energía potencial.

CÁLCULO DEL POTENCIAL ELECTROSTÁTICO

DIFERENCIA DE POTENCIAL EN UN CAMPO ELECTROSTÁTICO UNIFORME.



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

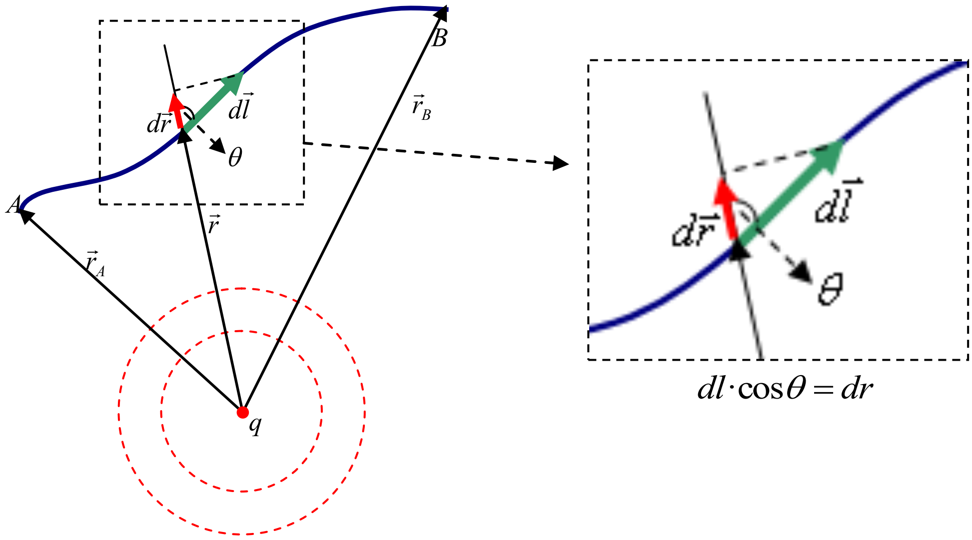


$$\Delta V = V_C - V_A = -\int_A^C \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\vec{E}\cdot\int_A^C d\vec{l} =$$

$$= -\vec{E}\cdot\Delta\vec{r} = -\left|\vec{E}\right|\cdot\left|\Delta\vec{r}\right|\cos\theta = -Ed = V_B - V_A$$

$V_C - V_A = V_B - V_A \Rightarrow$ Superficies equipotenciales: planos perpendiculares a las líneas de campo.

POTENCIAL ELECTROSTÁTICO DEBIDO A CARGAS PUNTUALES



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

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

Potencial en un punto $\left[V(r_A = \infty) = 0\right]$: $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r} = k \cdot \frac{q}{r}$

Principio de Superposición: $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \sum_i \frac{q_i}{r_i}$

POTENCIAL ELECTROSTÁTICO DEBIDOS A DISTRIBUCIONES CONTINUAS DE CARGA

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

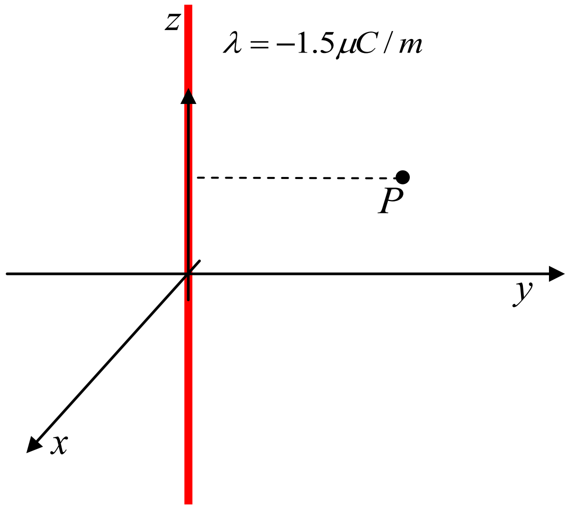
$$V = \int k \cdot \frac{dq}{r}$$

- Definición de potencial:

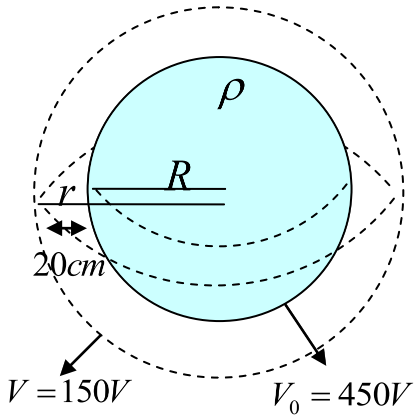
$$dV = -\vec{E}\cdot d\vec{l}$$

Ejercicio (Tipler 24.39, pag.806)**:** Una carga lineal infinita de densidad lineal $\lambda = 1.5\mu C/m$ se encuentra sobre el eje z. Suponiendo que $V = 0$ a 2.5m, determinar el potencial a distancias de

a) 2m
b) 4m
c) 12m de la línea.



Ejercicio: Una esfera uniformemente cargada tiene un potencial de 450V en su superficie. A una distancia radial de 20cm de esta superficie , el potencial es 150 V- ¿Cuál es el radio y la carga de la esfera?



DETERMINACIÓN DEL CAMPO ELECTROSTÁTICO A PARTIR DEL POTENCIAL

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

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

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

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

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

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

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

En general:

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

Vector Gradiente (coordenadas cartesianas):

$$\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial}{\partial z}\vec{k}$$

Ejercicio: El potencial ELECTROSTÁTICO en una región del espacio viene dado por $V = \left(2V/m^2\right)x^2 + \left(1V/m^2\right)yz$. Determinar el campo ELECTROSTÁTICO en el punto $x = 2m, y = 1m, z = 2m$.

CAMPO Y POTENCIAL ELECTROSTÁTICO EN UN CONDUCTOR

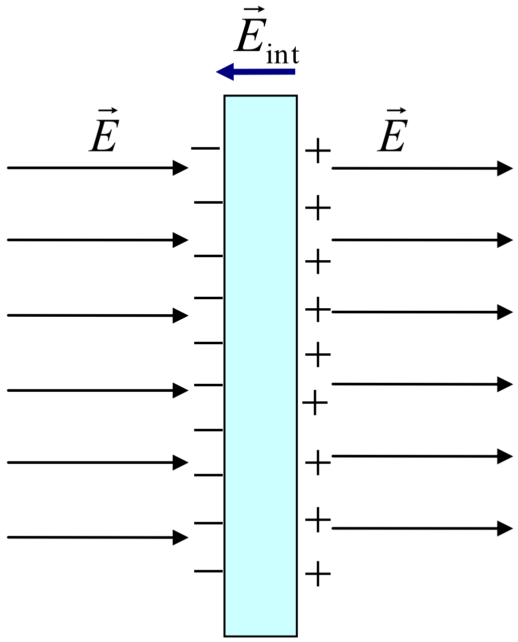
CONDUCTOR: Material en el que la carga puede moverse libremente.

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

PROPIEDADES:

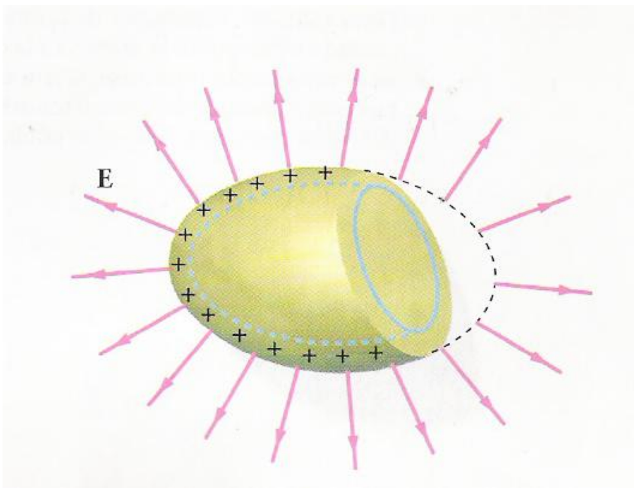
- **Campo ELECTROSTÁTICO nulo en el interior del conductor.**
- **Carga neta distribuida sobre su superficie.**
- **Campo ELECTROSTÁTICO exterior perpendicular a la superficie y de módulo** σ/ε_0 **.**
- **Son superficies equipotenciales.**

Campo ELECTROSTÁTICO nulo en el interior.



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

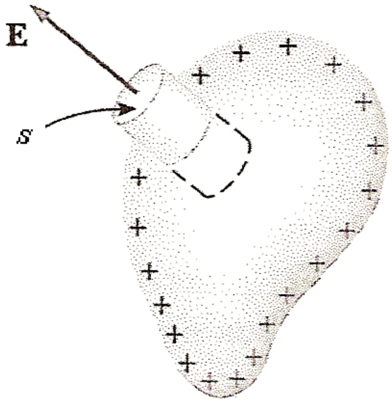
<u>Carga neta distribuida sobre su superficie.</u>



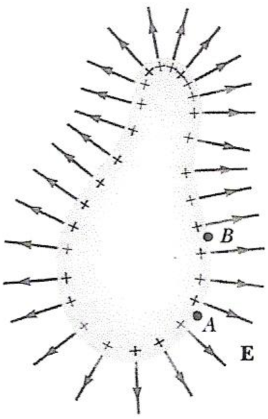
$$\left.\begin{array}{l} \Phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{s} = \dfrac{Q}{\varepsilon_0} \\ \vec{E} = 0 \end{array}\right\} Q = 0$$

<u>Campo ELECTROSTÁTICO exterior perpendicular a la superficie y de módulo σ/ε_0.</u>

$$\left.\begin{array}{l} \phi_E = \oint \vec{E}\cdot d\vec{S} = ES \\ \phi_E = \dfrac{q}{\varepsilon_0} = \dfrac{\sigma S}{\varepsilon_0} \end{array}\right\} =$$



<u>Son superficies equipotenciales.</u>



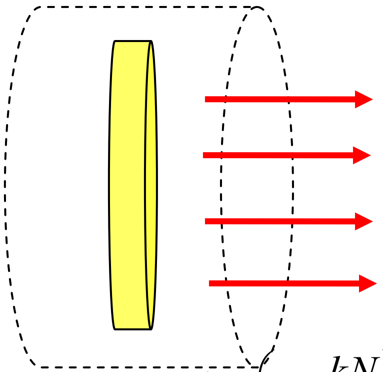
$$\vec{E} \perp d\vec{l} \Rightarrow \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0 \Rightarrow V_B - V_A = \int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0$$

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

EJERCICIO: Una moneda está en el interior de un campo ELECTROSTÁTICO externo de valor 1,6kN/C cuya dirección es perpendicular a sus caras.

a) Hallar las densidades de carga en cada cara de la moneda suponiendo que son planas

b) Si el radio de la moneda es de 1cm, ¿cuál es la carga total en una cara?



$$\vec{E} = \left(1{,}6\,\frac{kN}{C}\right)\vec{i}$$