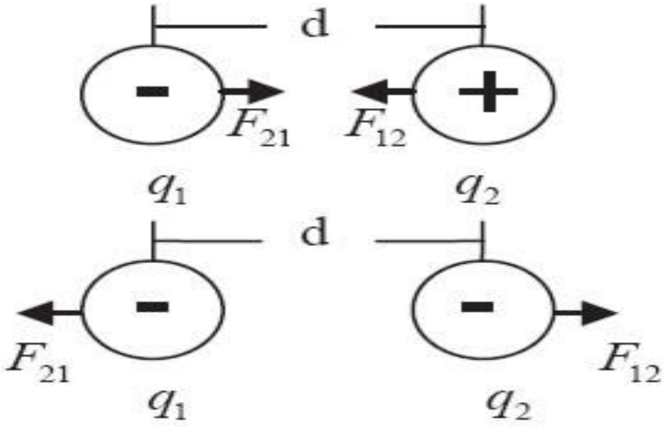
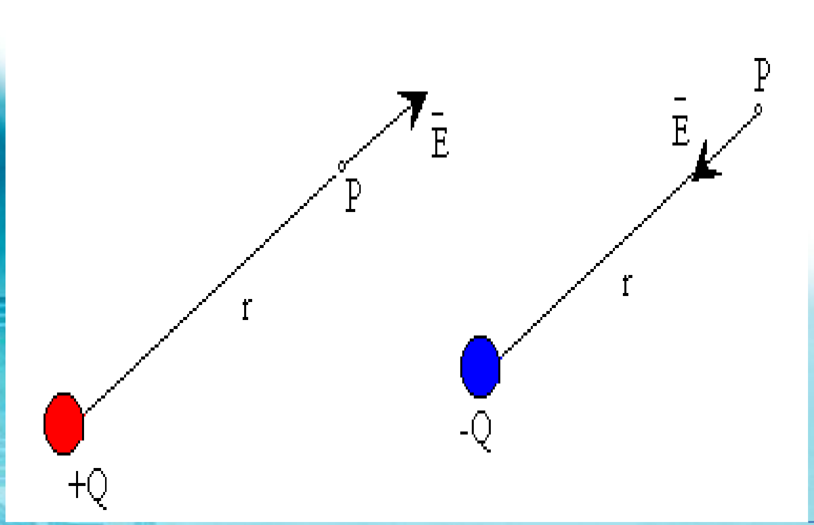
CAMPO ELECTRICO

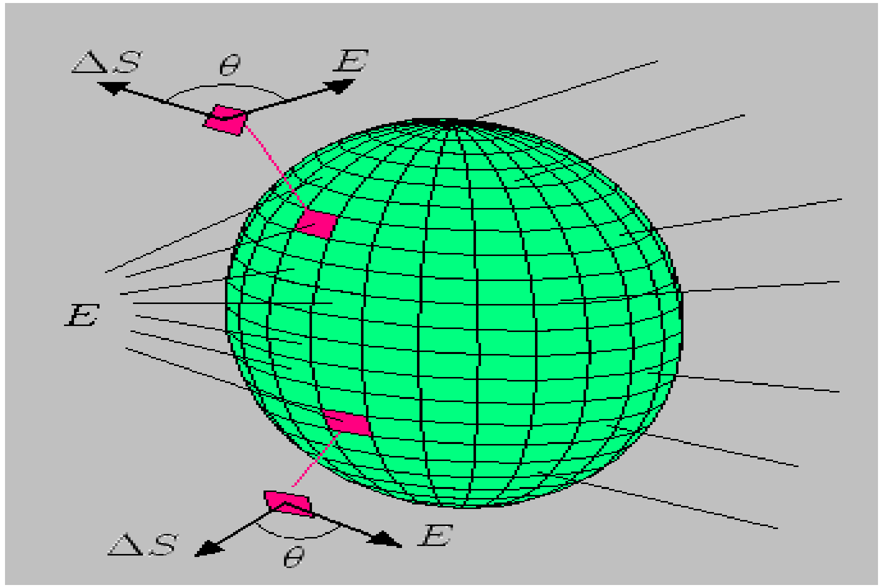
LEY DE COULOMB



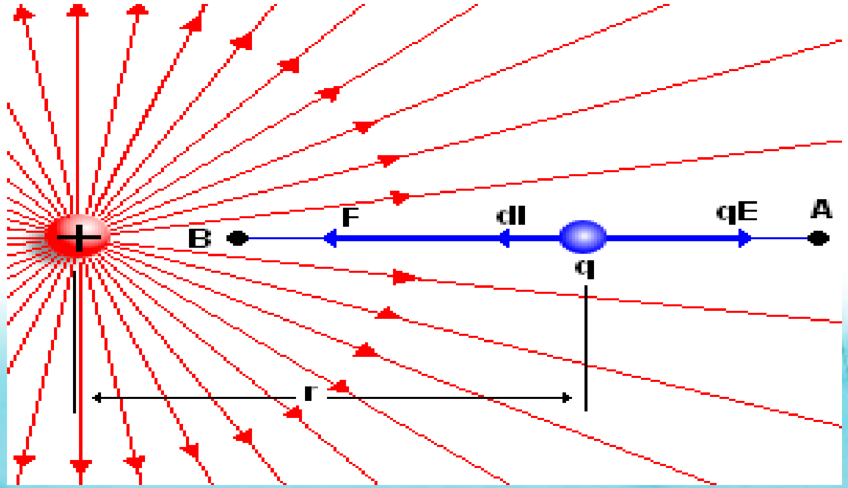
INTENSIDAD DE CAMPO ELECTRICO



LEY (TEOREMA) DE GAUSS



ENERGIA POTENCIAL ELECTRICA



POTENCIAL ELECTRICO – DIFERENCIA DE POTENCIAL ELECTRICO.

Antes de hablar de Potencial eléctrico y diferencia de potencial eléctrico, debemos hablar de:

Fuerza conservativa y energía potencial

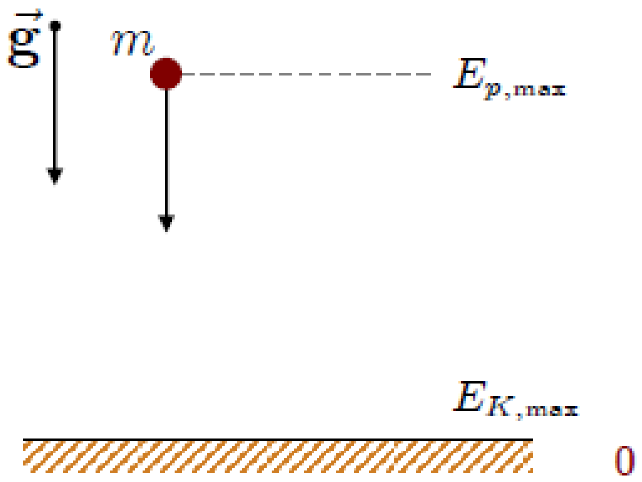
- ✓ **¿Cuándo es conservativa una fuerza?**

- Cuando el trabajo W que realiza sobre una partícula para trasladarla de una posición 1 a la posición 2 es independiente de la trayectoria.
- Solo depende de la posición inicial y final de la partícula.
- Cuando el trabajo realizado a través de una trayectoria cerrada es cero.

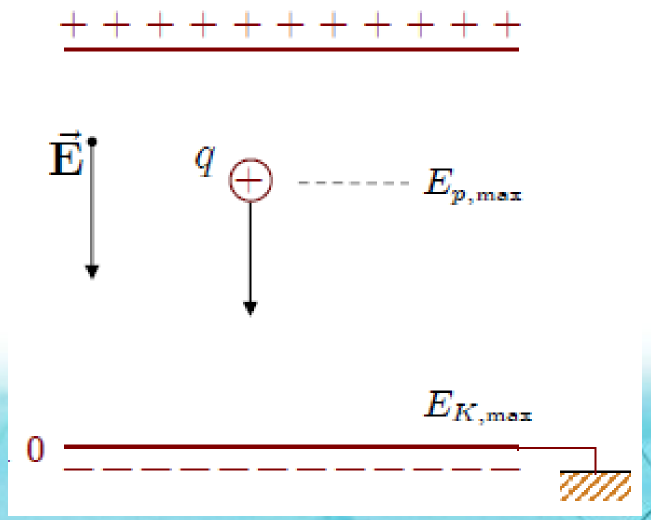
- ✓ **¿Cuáles son las fuerzas conservativas?**

- La fuerza de gravedad, la fuerza elástica de un resorte, la fuerza eléctrica.

ANALOGIAS DE MOVIMIENTOS ENTRE PARTICULAS DE MASA m y CARGA ELECTRICA q

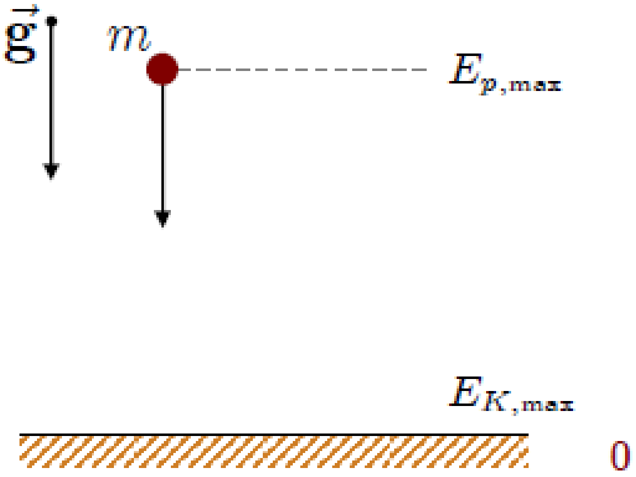


Movimiento de una partícula de masa m en un campo gravitacional g

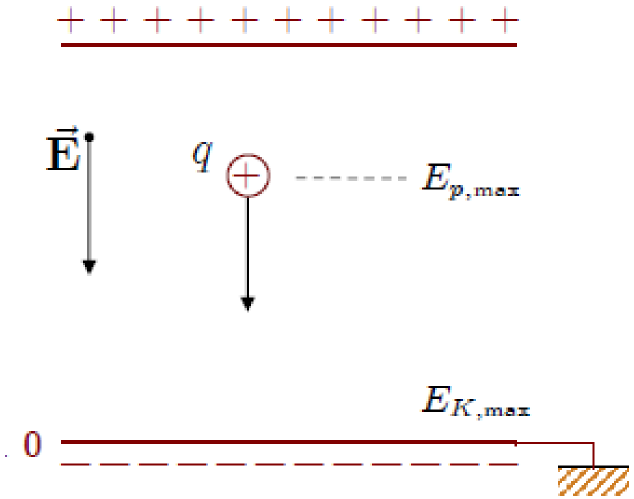


Movimiento de una carga eléctrica q en un campo eléctrico E

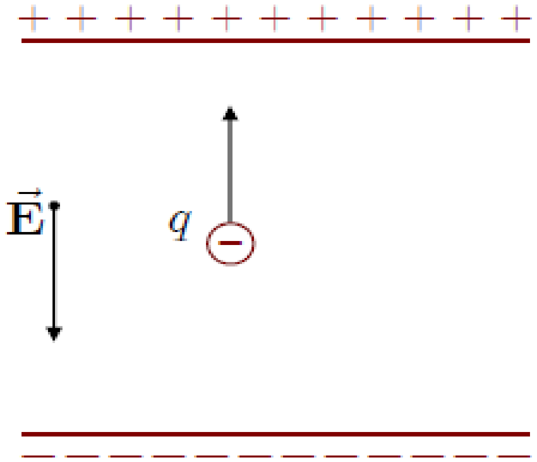
ANALOGIAS DE MOVIMIENTOS ENTRE PARTICULAS DE MASA m y CARGA ELECTRICA q



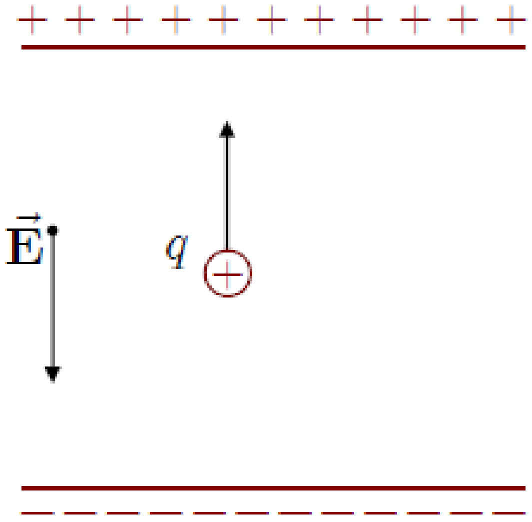
- **m** aumenta su **Ek** en la misma dirección del campo gravitacional g, y disminuye su **Ep**



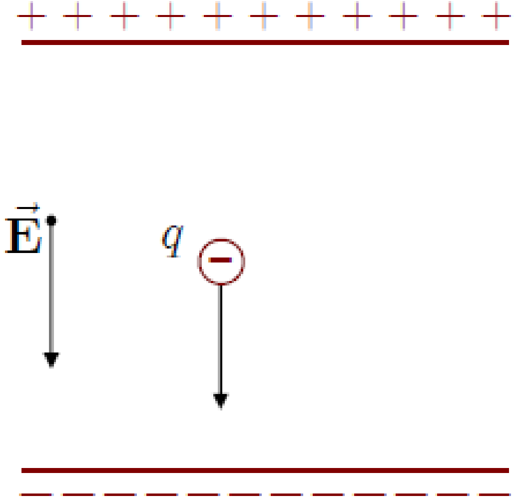
- La carga positiva +q aumenta su **Ek** en la misma dirección del campo y disminuye su **Ep**



- La carga negativa -q aumenta su **Ek** en dirección contraria del campo y disminuye su **Ep**

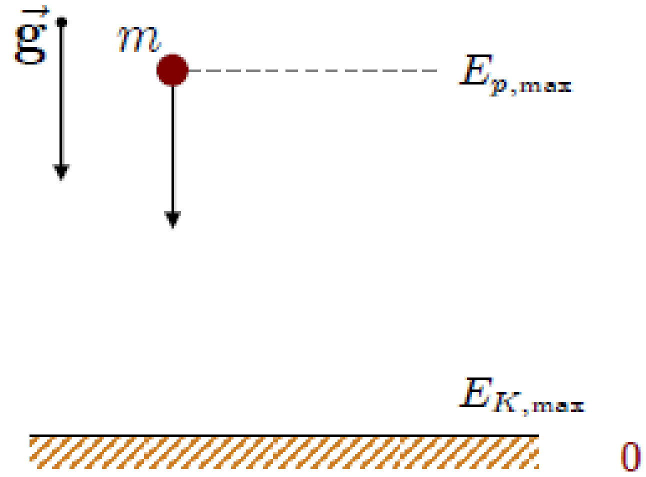


- La carga positiva +q disminuye su **Ek** y aumenta su **Ep**
- **Hay un agente externo moviendo la carga +q**



- La carga negativa -q disminuye su **Ek** y aumenta su **Ep**
- **Hay un agente externo moviendo la carga -q**

ANALOGIAS DE MOVIMIENTOS ENTRE PARTICULAS DE MASA m y CARGA ELECTRICA q



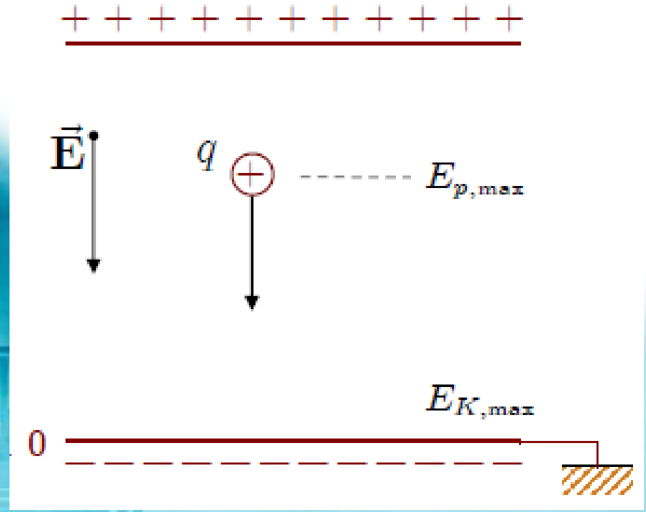
- Cuando una partícula (m) se encuentra dentro de un campo gravitacional (g) se genera una fuerza gravitacional (P) que conocemos como el peso $\boldsymbol{P = m.g}$

- La Energía potencial gravitatoria es: $\boldsymbol{U = m.g.h}$
- El potencial gravitacional se define como la energía o trabajo que se realiza sobre la partícula de masa "m" en un punto:

$$\boldsymbol{V_g = \frac{U}{m} \qquad U = V_g * m}$$

- El trabajo realizado por la partícula para trasladara de un punto a otro es:

W = – ∆U = – (Uf – Uí)



- Cuando una carga de prueba (q) se coloca dentro de un campo electrostático (E) se genera una fuerza eléctrica conservativa (F) tal que $\boldsymbol{F = q.E}$

- El potencial eléctrico se define como la energía o trabajo para que se realiza sobre la carga eléctrica "q" en un punto:

$$\boldsymbol{V_e = \frac{U}{q} \qquad U = V_e * q}$$

POTENCIAL ELECTRICO – DIFERENCIA DE POTENCIAL ELECTRICO.

Partiendo del trabajo para trasladar la carga entre dos puntos:

W = – ∆U = – (Uf – Uí)

Se genera la diferencia de potencial eléctrico que se define como el trabajo que se realiza para transportar o llevar una carga de prueba q_0 entre dos puntos, es decir, del punto A al punto B en presencia de un campo eléctrico E, se representa por la letra W_{AB}.

La diferencia de potencial entre A y B está definida por la ecuación:

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \qquad \left[Voltio = \frac{Joule}{coulomb}\right]$$

La unidad de potencial eléctrico en el sistema M.K.S es el $voltio \equiv {}^{Joule}/_{Coulomb}$ también se puede escribir como: $1V = 1\frac{J}{C}$

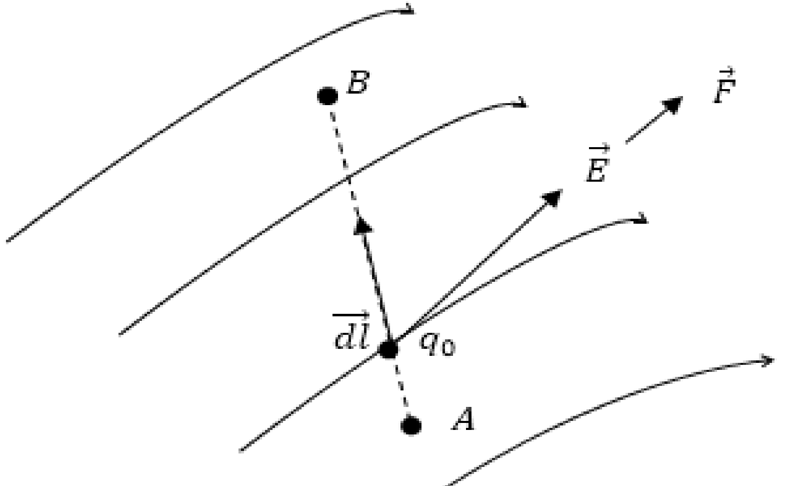
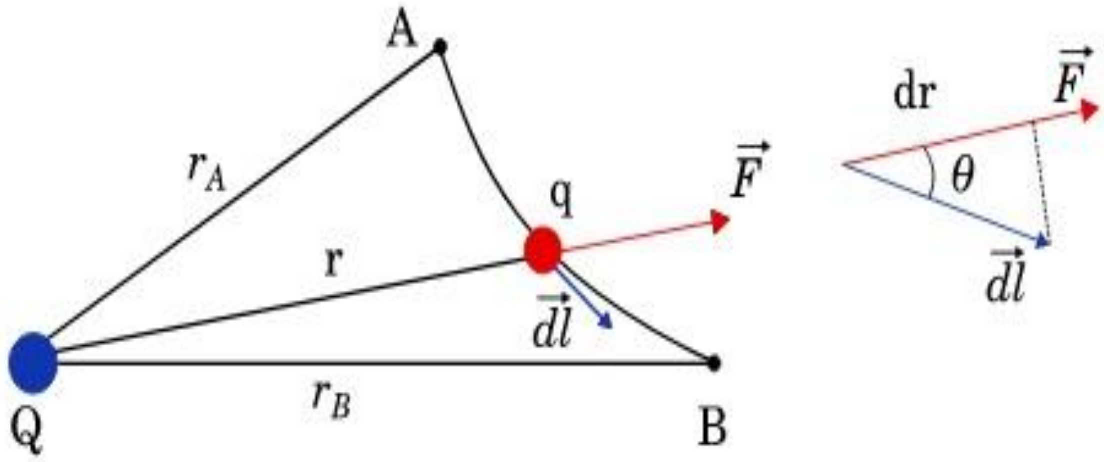


Fig. 1



POTENCIAL ELECTRICO – DIFERENCIA DE POTENCIAL ELECTRICO.

$$Si\ V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0}$$

$$W_{AB} = \vec{F}.\vec{d} \rightarrow Definición\ de\ trabajo$$
$$(fuerza\ por\ desplazamiento)$$

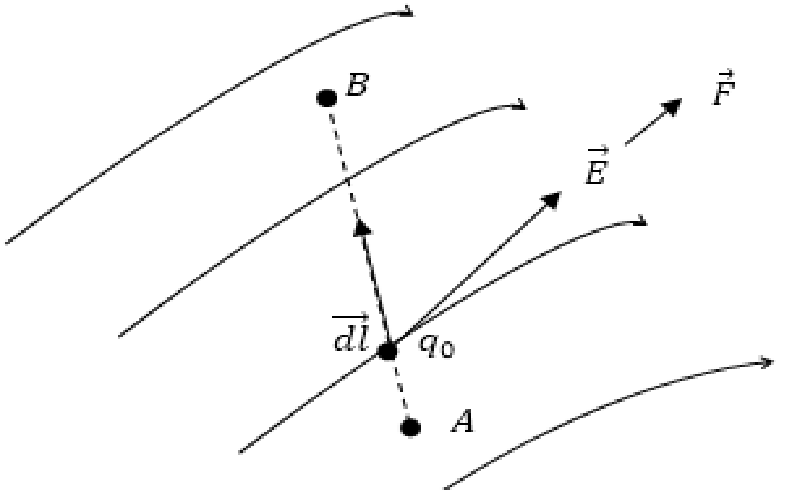
Ésta fuerza es eléctrica por la presencia de campo eléctrico sobre la carga de prueba q_0.

Partiendo de diferenciales (en este caso partiendo del diferencial de longitud, desplazamiento o de línea), el trabajo que se efectúa para llevar una carga de prueba q_0 del punto A al punto B de la figura 1 es:

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}.d\vec{l}\ (integral\ de\ linea)$$

$$\downarrow$$

$$Es\ un\ diferencial\ de\ línea.$$



$Fig.1$

Al moverse la carga lentamente del punto A al punto B, se tiene que el campo $\vec{E}$ ejerce una fuerza $\vec{F} = q_0\vec{E}$ sobre la carga de prueba, y el trabajo es:

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}.d\vec{l} \qquad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \qquad q_0\vec{E} = \vec{F}$$

$$W_{AB} = \int_A^B q_0\vec{E}.d\vec{l}$$

POTENCIAL ELECTRICO – DIFERENCIA DE POTENCIAL ELECTRICO.

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}.d\vec{l}$$

$$W_{AB} = \int_A^B q_0\vec{E}.d\vec{l}$$

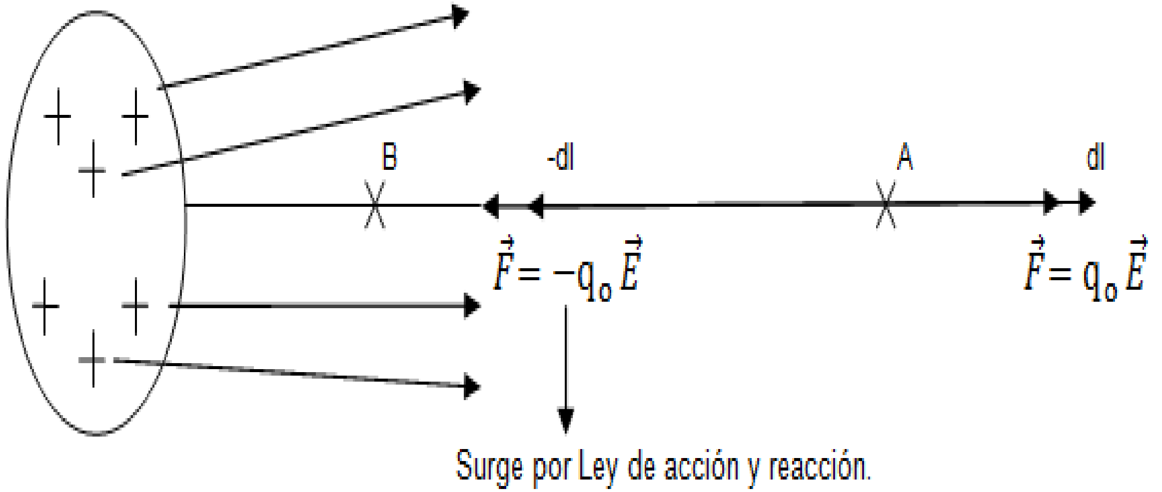
Para evitar que la carga de prueba q_0 se acelere, hay que aplicar una fuerza $\vec{F}'$ exactamente igual $\vec{F}' = -q_0E$ figura 2, con lo anterior queda entonces:

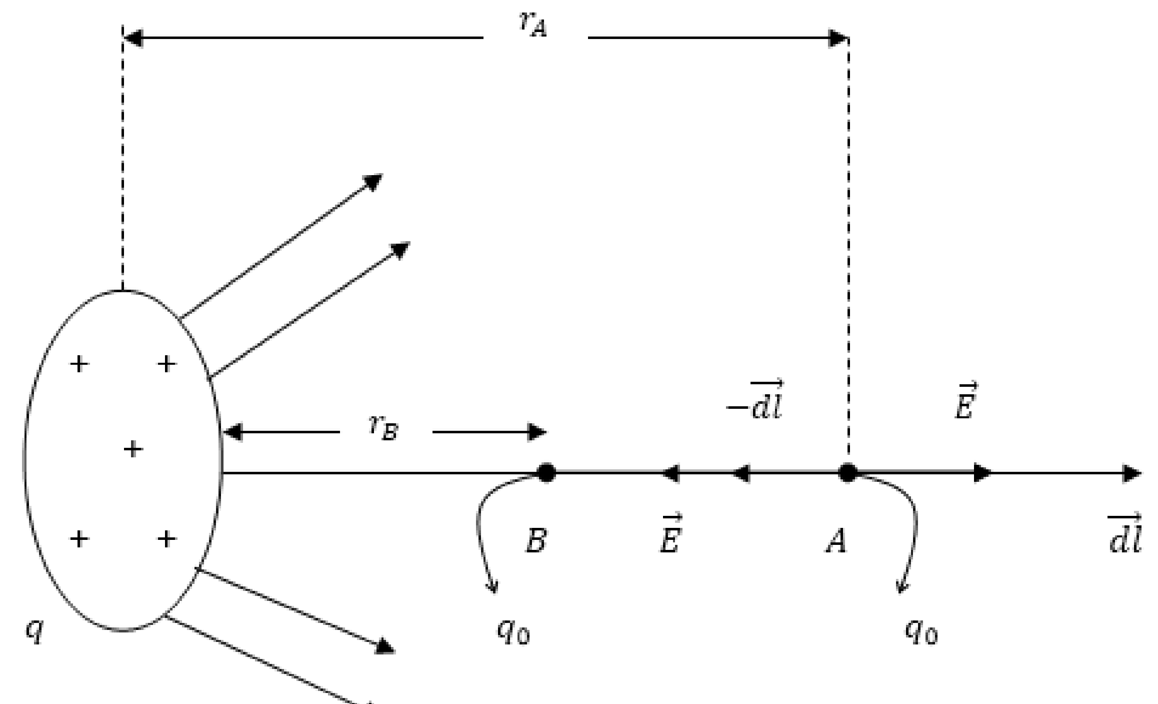
$$W_{AB} = \int_A^B -q_0\vec{E}.d\vec{l}$$

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

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

Si $V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \longrightarrow \qquad V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{l}$





$Fig. 2$

POTENCIAL ELECTRICO – DIFERENCIA DE POTENCIAL ELECTRICO.

Diferencia de potencial eléctrico

$$\boldsymbol{V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{l}}$$

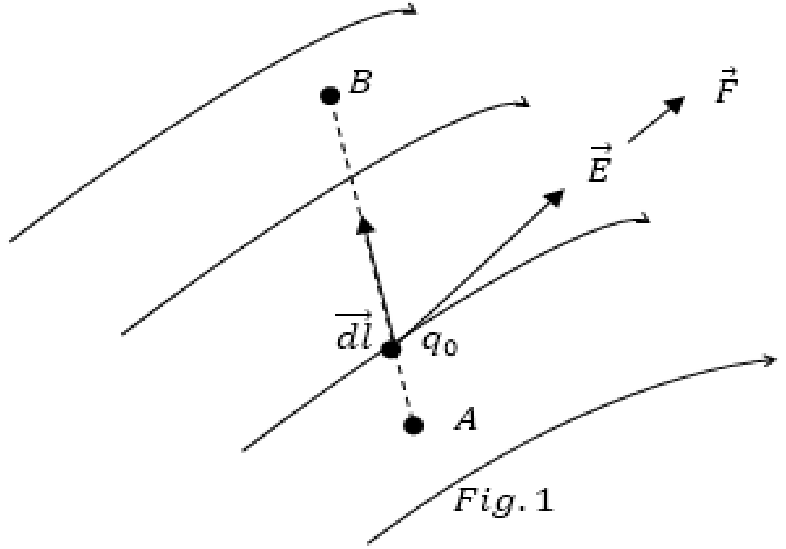
Si se considera el punto A en el infinito, cuyo potencial vale cero,

$$A \rightarrow \infty \; ; \; V_A = 0$$

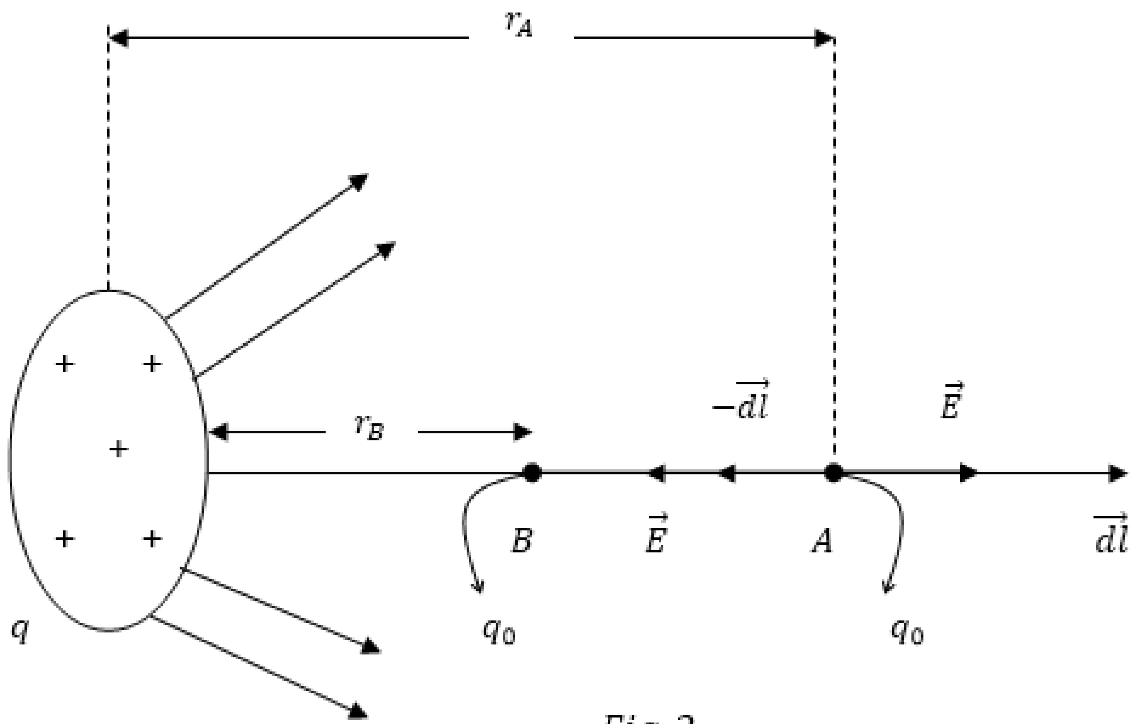
se obtiene el valor del potencial en el punto B, dado por:

$$V = -\int_\infty^B \vec{E}.d\vec{l}$$

Esta expresión permite determinar el potencial a partir del campo eléctrico, y por ende el potencial para una carga puntual en un punto.



$Fig.1$



$Fig.2$

POTENCIAL ELECTRICO DE UNA CARGA PUNTUAL

Si $V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{l}$ y $\vec{E} = K.\frac{q}{r^2}\hat{r}$

$$V_B - V_A = -\int_{rA}^{rB} \vec{E}d\vec{l} = -\int_{rA}^{rB} K.\frac{q}{r^2}\hat{r}d\vec{l}$$

$$V_B - V_A = -K.q\int_{rA}^{rB} \frac{\hat{r}}{r^2}d\vec{l} \rightarrow En\ forma\ vectorial$$

$$V_B - V_A = -K.q\int_{rA}^{rB} \frac{dl}{r^2}\ ; \rightarrow En\ forma\ escalar$$

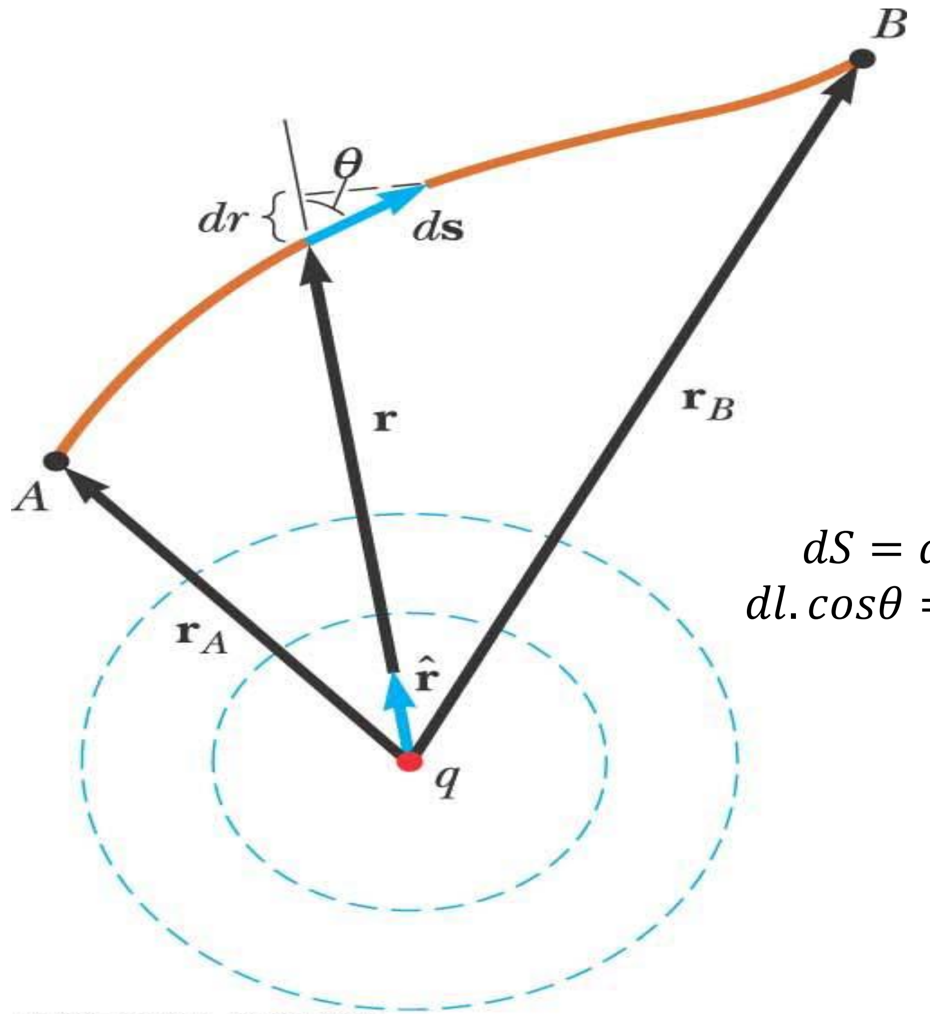
$$pero\ dl.cos\theta = dr$$

$$V_B - V_A = -K.q\int_{rA}^{rB} \frac{dr}{r^2} = -K.q\int_{rA}^{rB} \frac{dr}{r^2}$$

$$V_B - V_A = -K.q\int_{rA}^{rB} r^{-2}dr$$

$$V_B - V_A = -K.q.\left.\frac{r^{-2+1}}{-2+1}\right|_{rA}^{rB}$$

$$V_B - V_A = -K.q.\left.\frac{1}{r}\right|_{rA}^{rB} = K.q\left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right]$$

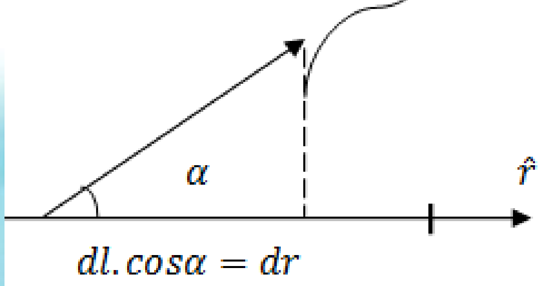


©2004 Thomson - Brooks/Cole

$dS = dl$

$dl.cos\theta = dr$

Hay que proyectar a dl en la misma dirección del campo $\vec{E}$



POTENCIAL ELECTRICO DE UNA CARGA PUNTUAL

$$V_B - V_A = -K.q.\frac{1}{r}\Big|_{rA}^{rB} = K.q\left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right]$$

$$V_B - V_A = K.q\left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right] \; entre\ 2\ puntos.$$

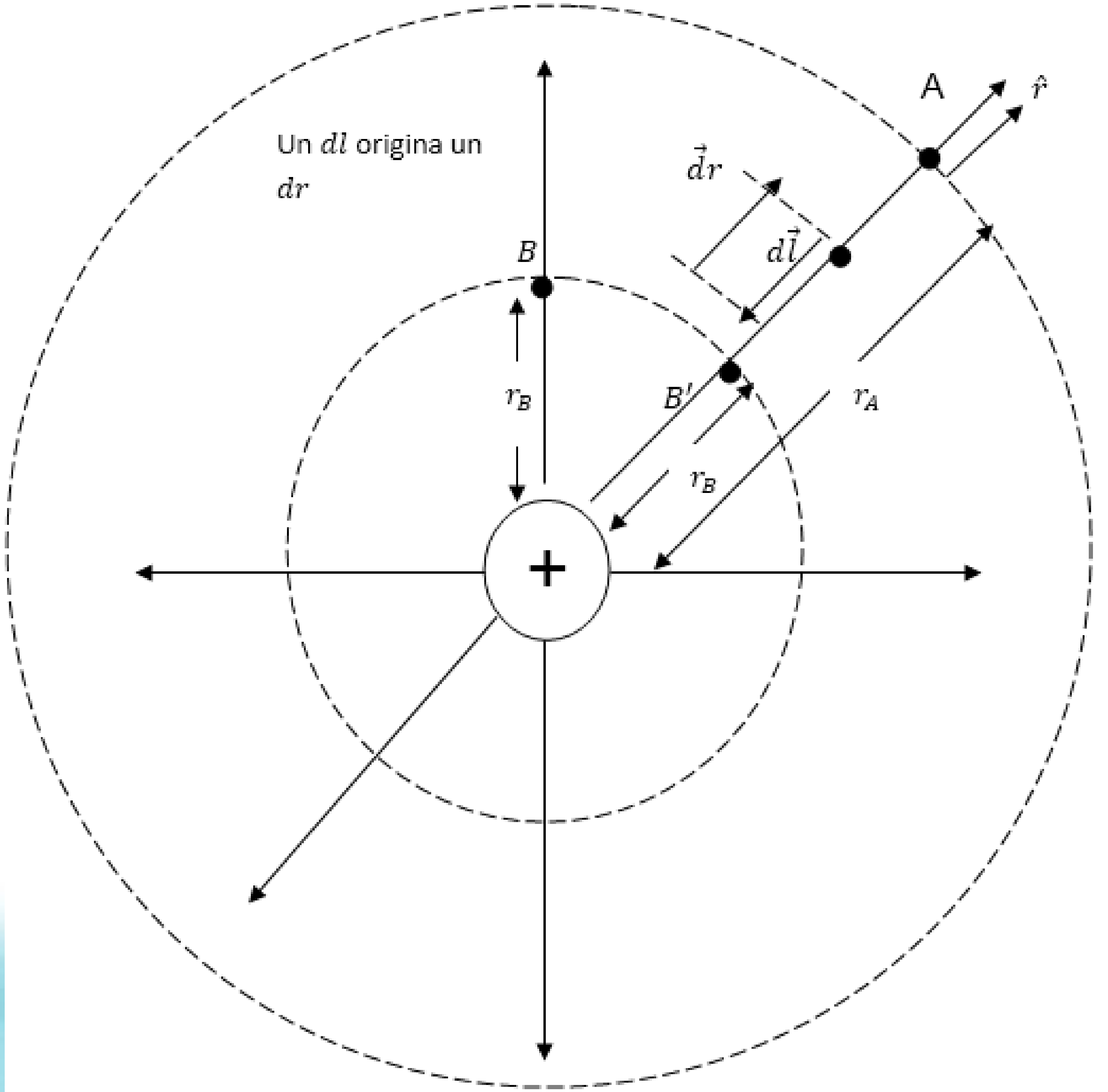
$$Si\ r_A \to \infty; punto\ A\ en\ el\ infinito \ \to\ V_A = 0$$

$$V_B = K.q\left[\frac{1}{r_B}\right] = \frac{K.q}{r}$$

$$función\ potencial\ de\ una\ carga\ puntual.$$

$$V_B = K.q\left[\frac{1}{r_B}\right] = \frac{K.q}{r}$$

$$\boldsymbol{V_B = \frac{K.q}{r}}$$



ENERGIA POTENCIAL ELECTRICA

Teniendo presente que el potencial eléctrico de una carga puntual es:

$$V = \frac{K.q}{r}$$

Y que ese potencial es la energía o trabajo que se realiza sobre la carga eléctrica de prueba “q0” ubicada en un punto P:

$$V_e = \frac{U}{q_0}$$

Despejando de la expresión anterior obtenemos la energía potencial eléctrica o trabajo U

$$U = V_e * q_0 \qquad U = \frac{K.q}{r} * q_0$$

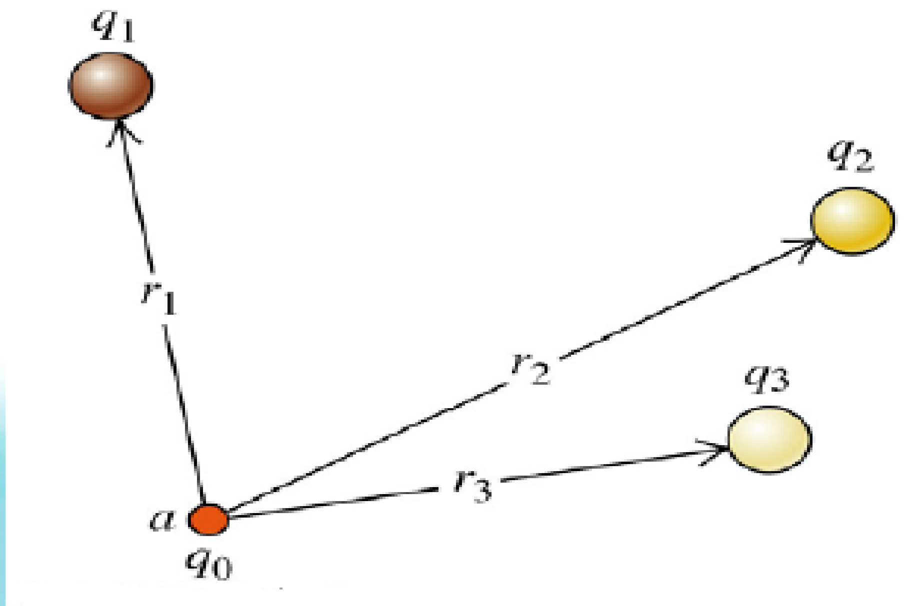
$$U = \frac{K.q.q_0}{r}$$

$$U = \frac{K.q.q_0}{r}$$

Representa el trabajo que tiene que hacer el campo y carga q para llevar la carga de prueba q_0 desde r hasta el ∞, pero también el que tendría que hacer el agente externo contra el campo para traer a q_0 desde el ∞ hasta r.

Para varias cargas puntuales q_1, q_2, q_3 actuando sobre q_0 la energía potencial total es:

$$U = K.q_0\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} + \frac{q_4}{r_4} \ldots.. + \frac{q_n}{r_n}\right) \qquad U = \sum_{i=1}^{n} \frac{K.q_i.q_0}{r_i.}$$



ENERGIA POTENCIAL ELECTRICA

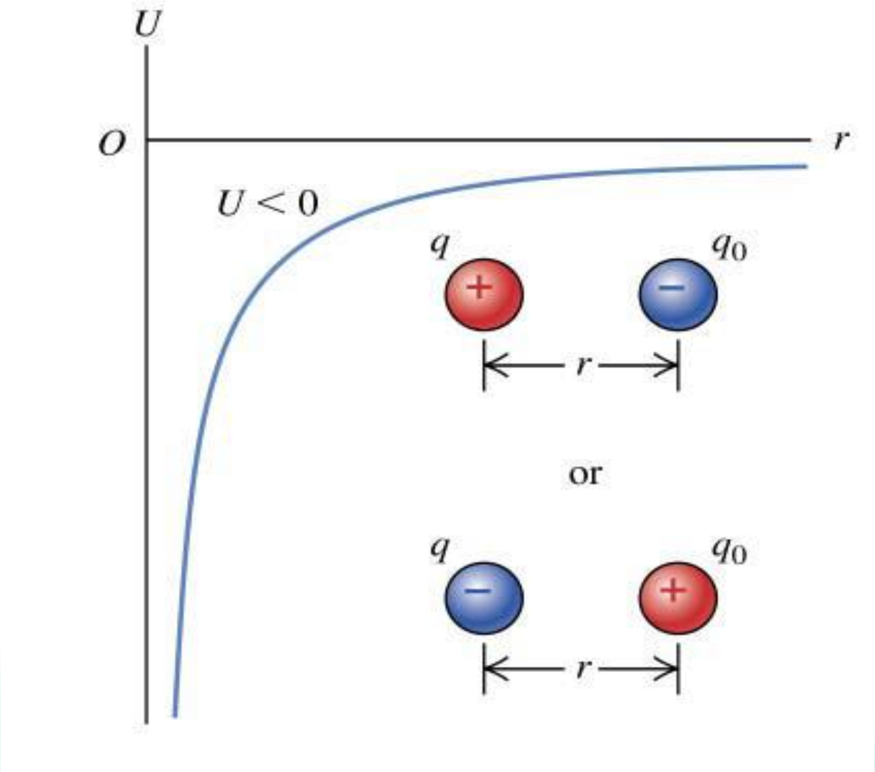
Para una carga actuando Sobre q_0 :

$$U = \frac{K.q.q_0}{r}$$

Para varias cargas actuando Sobre q_0:

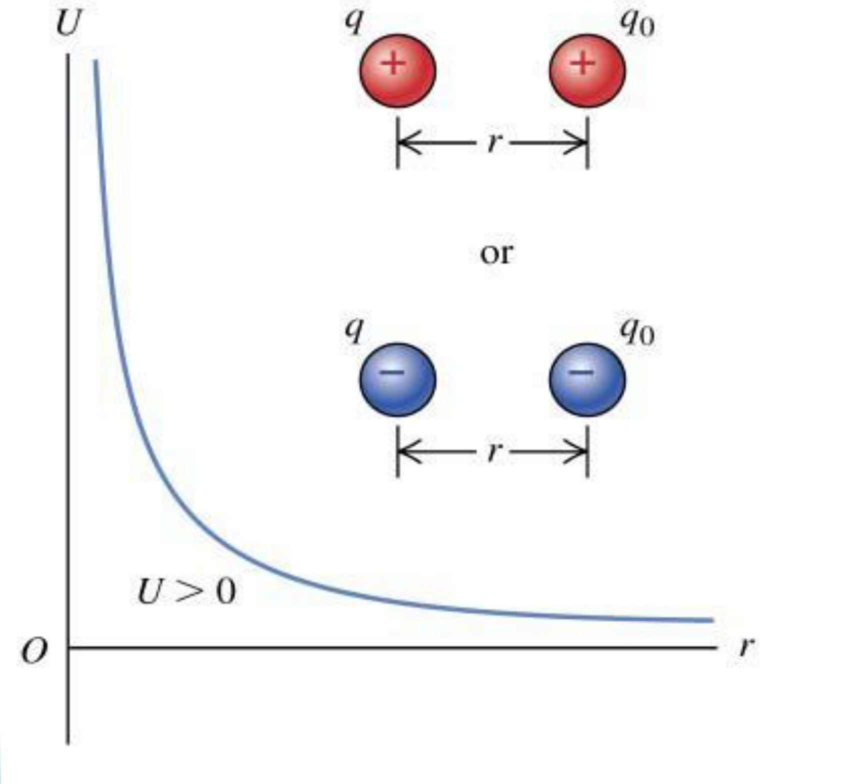
$$U = \sum_{i=1}^{n} \frac{K.q_i.q_0}{r_i.}$$

ENERGIA POTENCIAL ELECTRICA
Para dos cargas de diferentes signos



U es Negativa $U < 0$

ENERGIA POTENCIAL ELECTRICA
Para dos cargas de igual signo



U es positiva $U > 0$

POTENCIAL ELECTRICO DE UNA DISTRIBUCION DISCRETA DE CARGAS

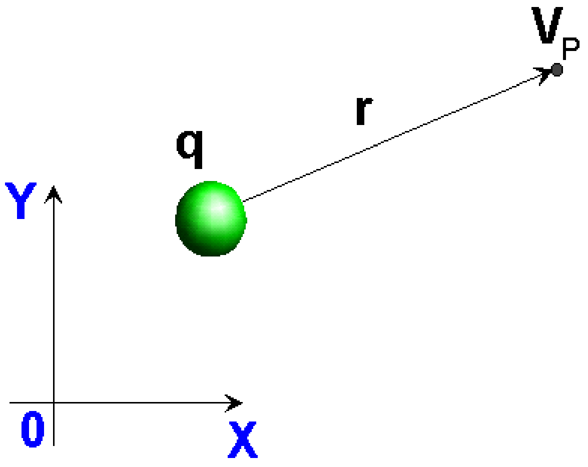
Para un grupo de cargas puntuales q_i, se puede establecer que el potencial eléctrico total en el punto P es:

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i = \sum_{i=1}^{n} k\frac{q_i}{r_i}$$

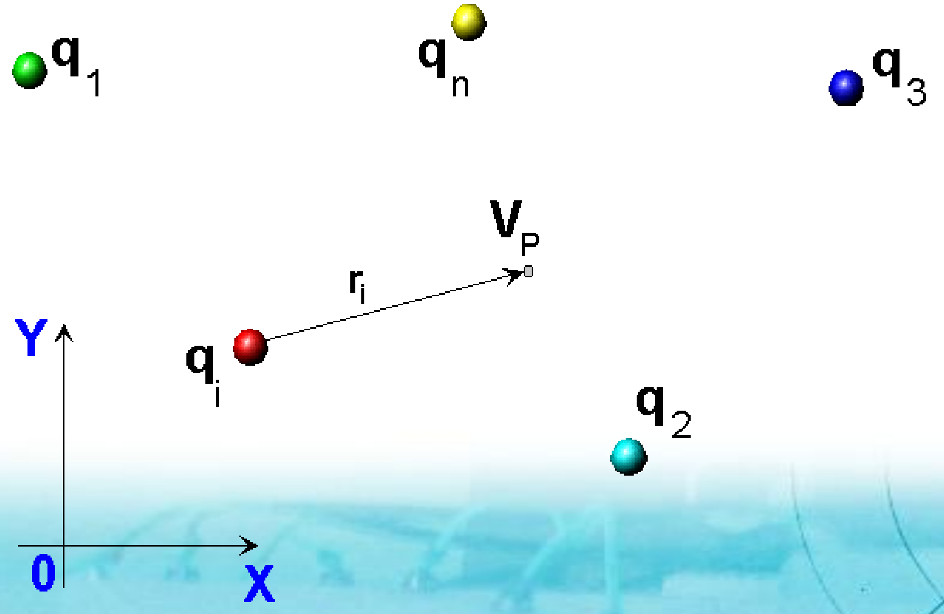
Donde:

- $\sum_{i=1}^{n} k\frac{q_i}{r_i}$ es una suma algebraica de escalares, no es una suma de vectores (al valor de la carga q_i se debe introducir con su respectivo signo).
- r_i es la distancia desde la carga q_i al punto P donde se quiere calcular el potencial.
- K: es la constante de proporcionalidad de newton, cuyo valor es $K = 9x10^9\,\frac{N.m^2}{Coul^2}$

$$V = \frac{K.q}{r}$$



$$V = \sum_{i=1}^{n} k\frac{q_i}{r_i}$$



POTENCIAL ELECTRICO DE UNA DISTRIBUCION CONTINUA DE CARGAS

Para una distribución de cargas continuas (lineal, superficial, volumétrica) el potencial en un punto P debido a dicha distribución es:

$$V = \int K.\frac{dq}{r}$$

Donde:

$\boldsymbol{dq}$: es el elemento infinitesimal de carga (dependerá de la densidad de carga y cómo está distribuida uniforme o no uniforme).

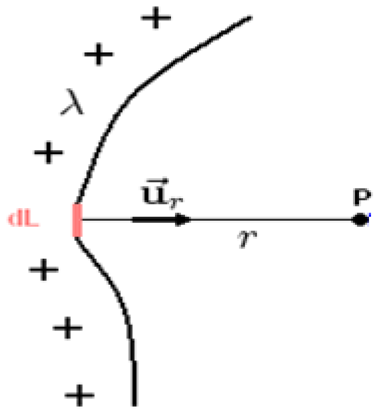
$\boldsymbol{r}$: es la distancia desde el elemento infinitesimal de carga dq al punto P.

$\boldsymbol{K}$: es la constante de proporcionalidad de newton, cuyo valor es

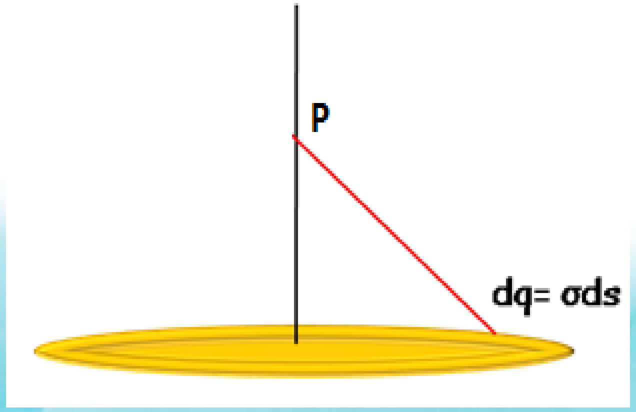
$$K = 9x10^{9}\frac{N.m^{2}}{Coul^{2}}$$

DENSIDAD DE CARGA

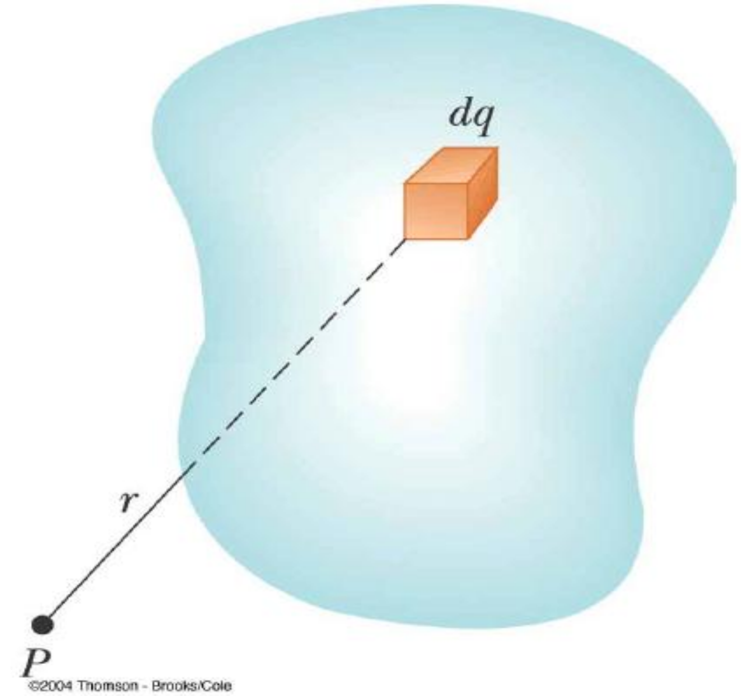
LINEAL λ

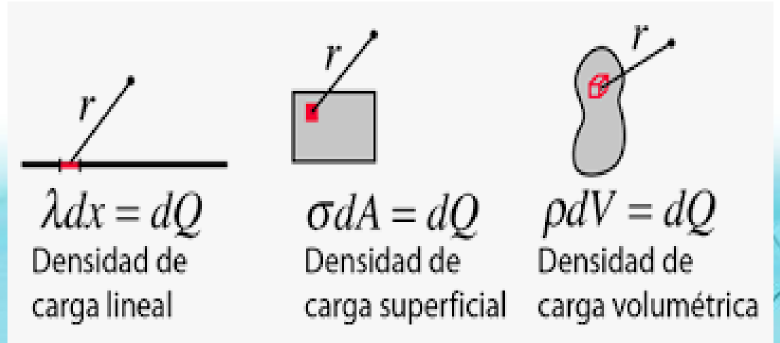


SUPERFICIAL σ



VOLUMETRICA ρ



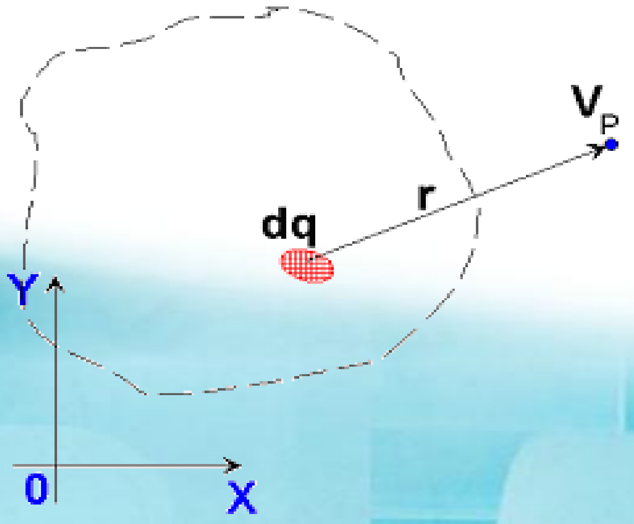


POTENCIAL ELECTRICO DE UNA DISTRIBUCION CONTINUA DE CARGAS

- ✓ El potencial eléctrico en un punto P debido a la distribución continua de cargas se obtiene integrando, es decir, sumando la contribución de todos los elementos infinitesimales dq de la distribución, de la siguiente manera:

$$V = \int K.\frac{dq}{r}$$

- ✓ dq dependerá de la distribución de las cargas (si es uniforme o no uniforme) y de la densidad de carga (lineal, superficial, volumétrica).
- ✓ El potencial eléctrico obtenido es una magnitud escalar.



DENSIDAD DE CARGA

LINEAL λ

UNIFORME

$$\lambda = \frac{dq}{dl}$$

$$dq = \lambda\,.dl$$

NO UNIFORME

$$\lambda(l) = \frac{dq}{dl}$$

$$dq = \lambda(l)\,.dl$$

SUPERFICIAL σ

$$\sigma = \frac{dq}{dA}$$

$$dq = \sigma\,.dA$$

$$\sigma(r) = \frac{dq}{dA}$$

$$dq = \sigma(r)\,.dA$$

VOLUMETRICA ρ

$$\rho = \frac{dq}{dV}$$

$$dq = \rho\,.dV$$

$$\rho(r) = \frac{dq}{dV}$$

$$dq = \rho(r)\,.dV$$

CAMPO ELECTRICO A PARTIR DEL POTENCIAL ELECTRICO

Derivada parcial respecto a x $\equiv$ Derivada total respecto a x manteniendo las otras variables constantes

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}$$

$$E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}$$

$$E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

'GRADIENTE de V'

$$\vec{E} = -\underbrace{\left(\vec{\mathbf{i}}\,\frac{\partial V}{\partial x} + \vec{\mathbf{j}}\,\frac{\partial V}{\partial y} + \vec{\mathbf{k}}\,\frac{\partial V}{\partial z}\right)}$$

Operador nabla: $\vec{\nabla}$

$$\vec{\nabla} \equiv \left(\vec{\mathbf{i}}\,\frac{\partial}{\partial x} + \vec{\mathbf{j}}\,\frac{\partial}{\partial y} + \vec{\mathbf{k}}\,\frac{\partial}{\partial z}\right)$$

- ✓ El campo eléctrico E podemos expresarlo matemáticamente en términos del potencial eléctrico, utilizando un operador matemático denominado nabla $\vec{\nabla}$, que es el gradiente del potencial eléctrico V, de la siguiente manera:

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V = -\left(\vec{\imath}\,\frac{\partial V}{\partial x} + \vec{\jmath}\,\frac{\partial V}{\partial y} + \vec{k}\,\frac{\partial V}{\partial z}\right)$$

Donde, el operador nabla es:

$$\vec{\nabla} = \left(\vec{\imath}\,\frac{\partial}{\partial x} + \vec{\jmath}\,\frac{\partial}{\partial y} + \vec{k}\,\frac{\partial}{\partial z}\right)$$

- ✓ Ésta expresión establece que el *Campo Eléctrico* es igual a menos el *Gradiente del Potencial Eléctrico*.
- ✓ $\vec{E}$ apunta en la dirección en que V disminuye más rápidamente.