

Electricidad

Benjamin Franklin (1706-1790)

-Cargas positivas y negativas

Robert Millikan (1868-1953)

-Carga es múltiplo de

e = carga del electrón

Propiedades de la carga eléctrica

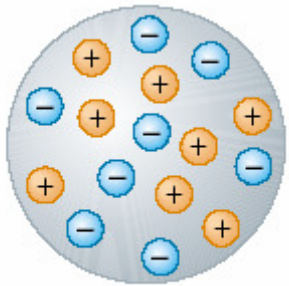
- Cargas diferentes se atraen, e iguales se repelen.
- La fuerza entre las cargas varía con el inverso al cuadrado de la distancia que las separa.
- La carga se conserva.
- La carga está cuantizada.

Conductores y Aisladores

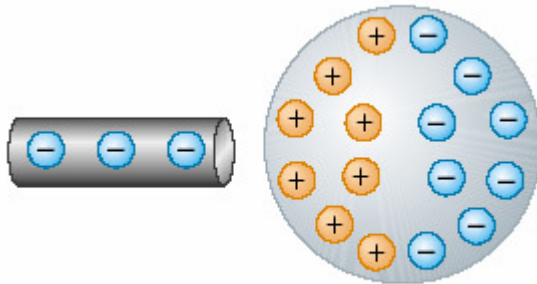
- Los conductores son materiales en que las cargas eléctricas tienen libertad de movimiento.
- En los aisladores, las cargas tienen mucha dificultad para moverse (*)

(*) Depende del potencial aplicado.

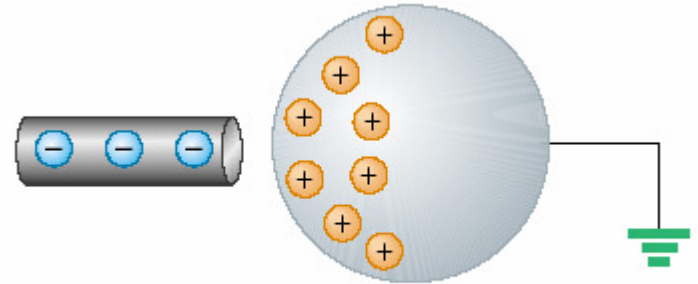
Carga por inducción



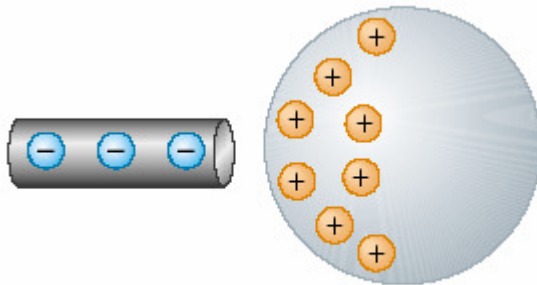
(a)



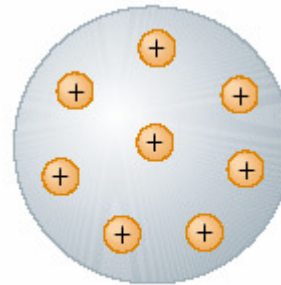
(b)



(c)



(d)



(e)

Ley de Coulomb (1785)

- Fuerza inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de separación.
- Fuerza proporcional al producto de las cargas q_1 y q_2 .
- Fuerza atractiva si las cargas son distintas y repulsiva si son iguales.

Ley de Coulomb (forma escalar)

$$F_e = k_e \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

$$k_e = 8.987\,5 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$$

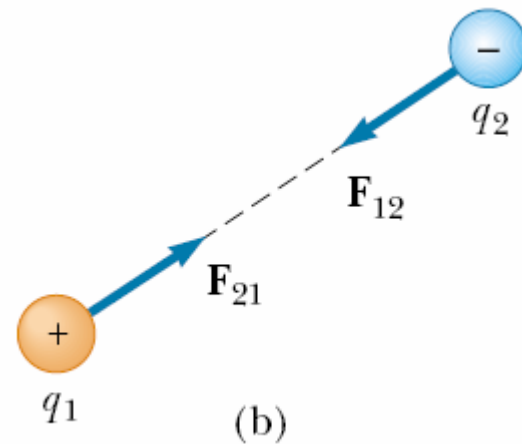
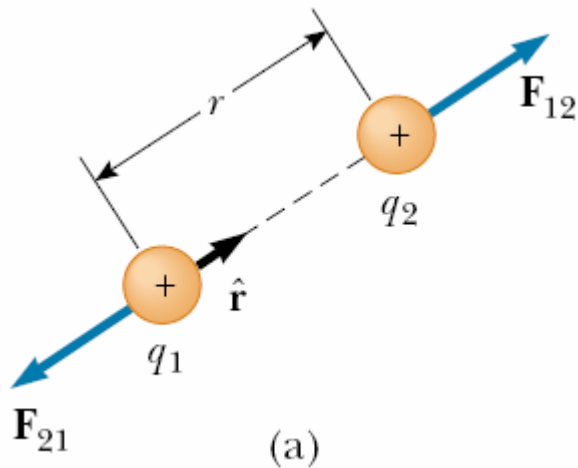
$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \epsilon_0 = 8.854\,2 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

q carga en [C] Coulomb

r distancia en [m] Metros

Ley de Coulomb (forma vectorial)

$$\mathbf{F}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$



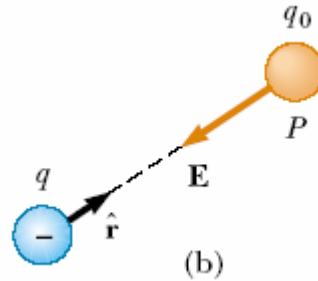
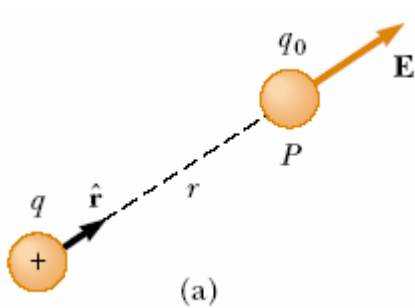
Campo Eléctrico

- Gravitacional: $\mathbf{g} \equiv \mathbf{F}_g / m$
- El vector campo eléctrico \mathbf{E} en un punto del espacio se define como la fuerza \mathbf{F}_e que actúa sobre una carga de prueba positiva situada en ese punto dividida por la magnitud de la carga de prueba q_0

Ecuación vectorial

$$\mathbf{E} \equiv \frac{\mathbf{F}_e}{q_0}$$

Campo Eléctrico



$$\mathbf{F}_e = k_e \frac{qq_0}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

Pero por definición **$\mathbf{E} = \mathbf{F} / q_0$**

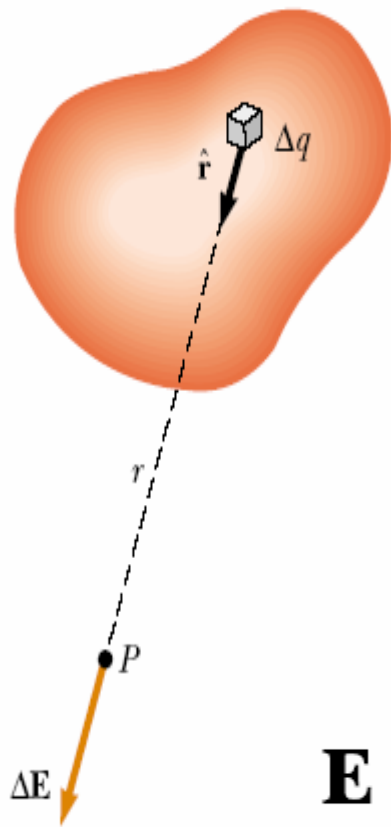
$$\mathbf{E} = k_e \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

El campo eléctrico total debido a un grupo de cargas es igual al vector suma de los campos eléctricos de todas las cargas.

Esto es lo que se llama Principio de superposición, y permite expresar el campo eléctrico como:

$$\mathbf{E} = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i$$

Distribución de carga continua



$$\Delta \mathbf{E} = k_e \frac{\Delta q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

$$\mathbf{E} \approx k_e \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i$$

$$\mathbf{E} = k_e \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i = k_e \int \frac{dq}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$$

Densidad de carga

- Volumetrica

$$\rho \equiv \frac{Q}{V}$$

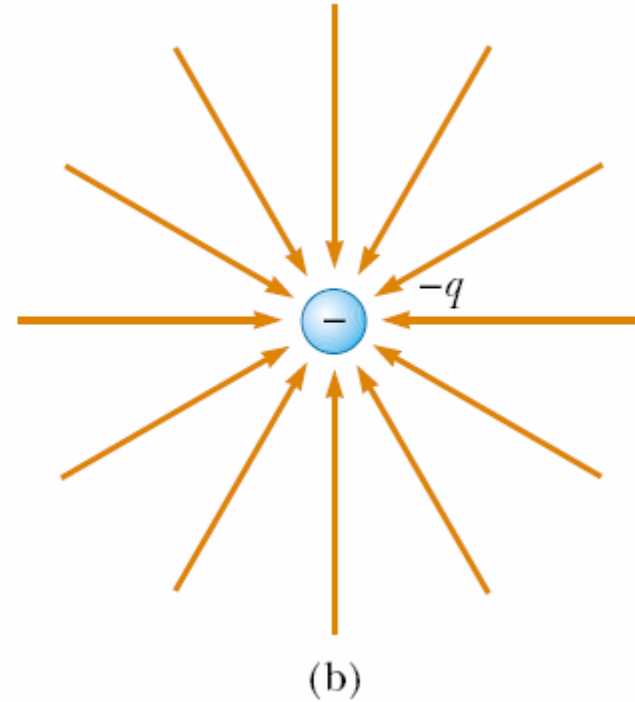
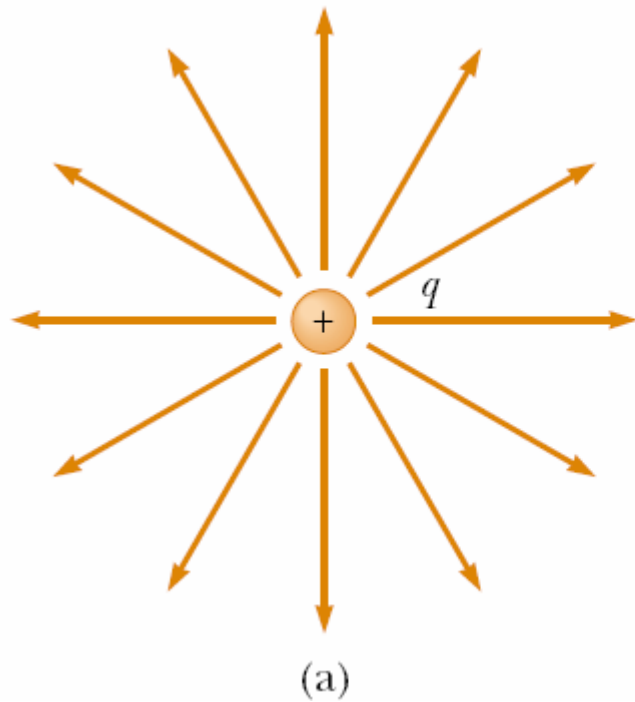
- Superficial

$$\sigma \equiv \frac{Q}{A}$$

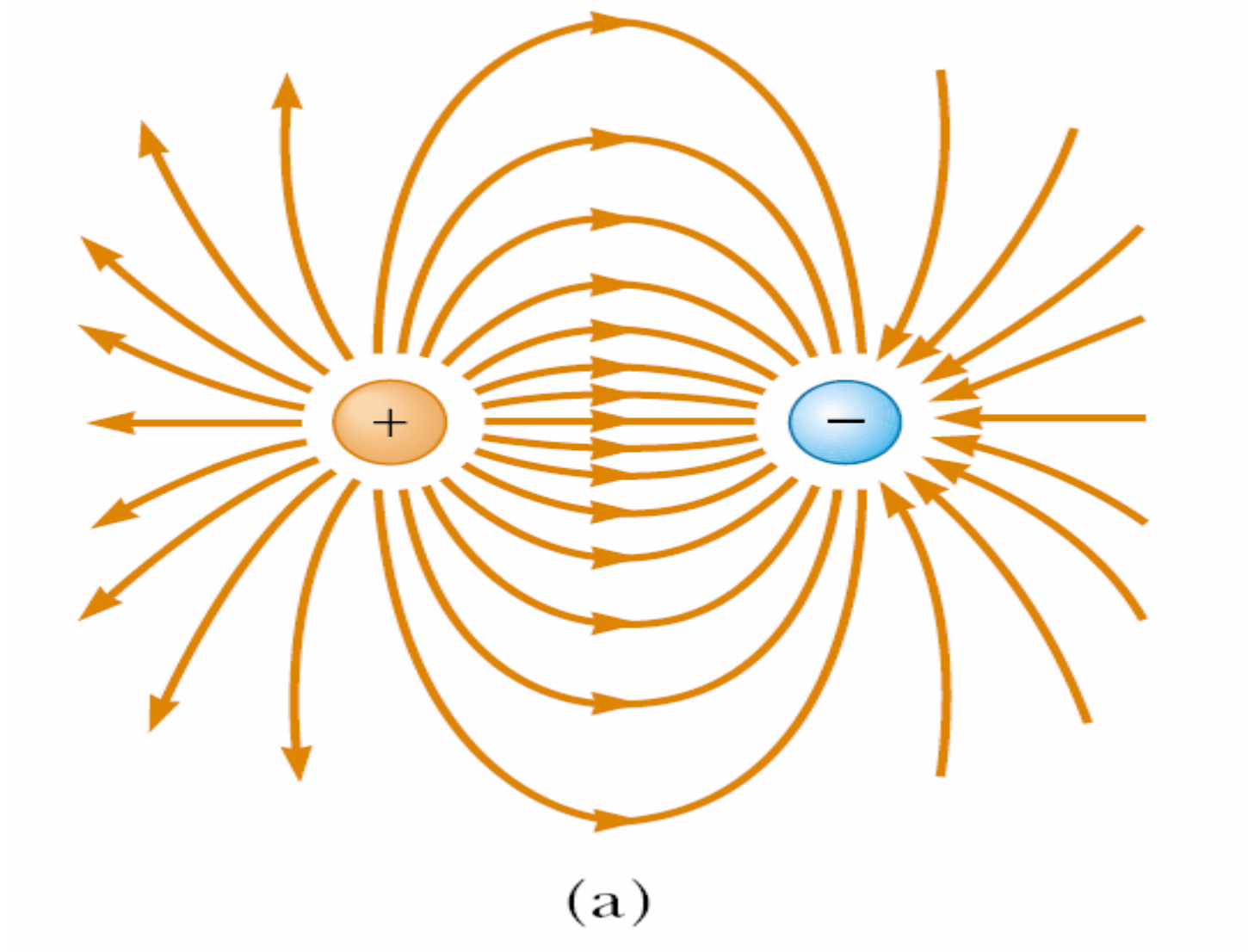
- Lineal

$$\lambda \equiv \frac{Q}{\ell}$$

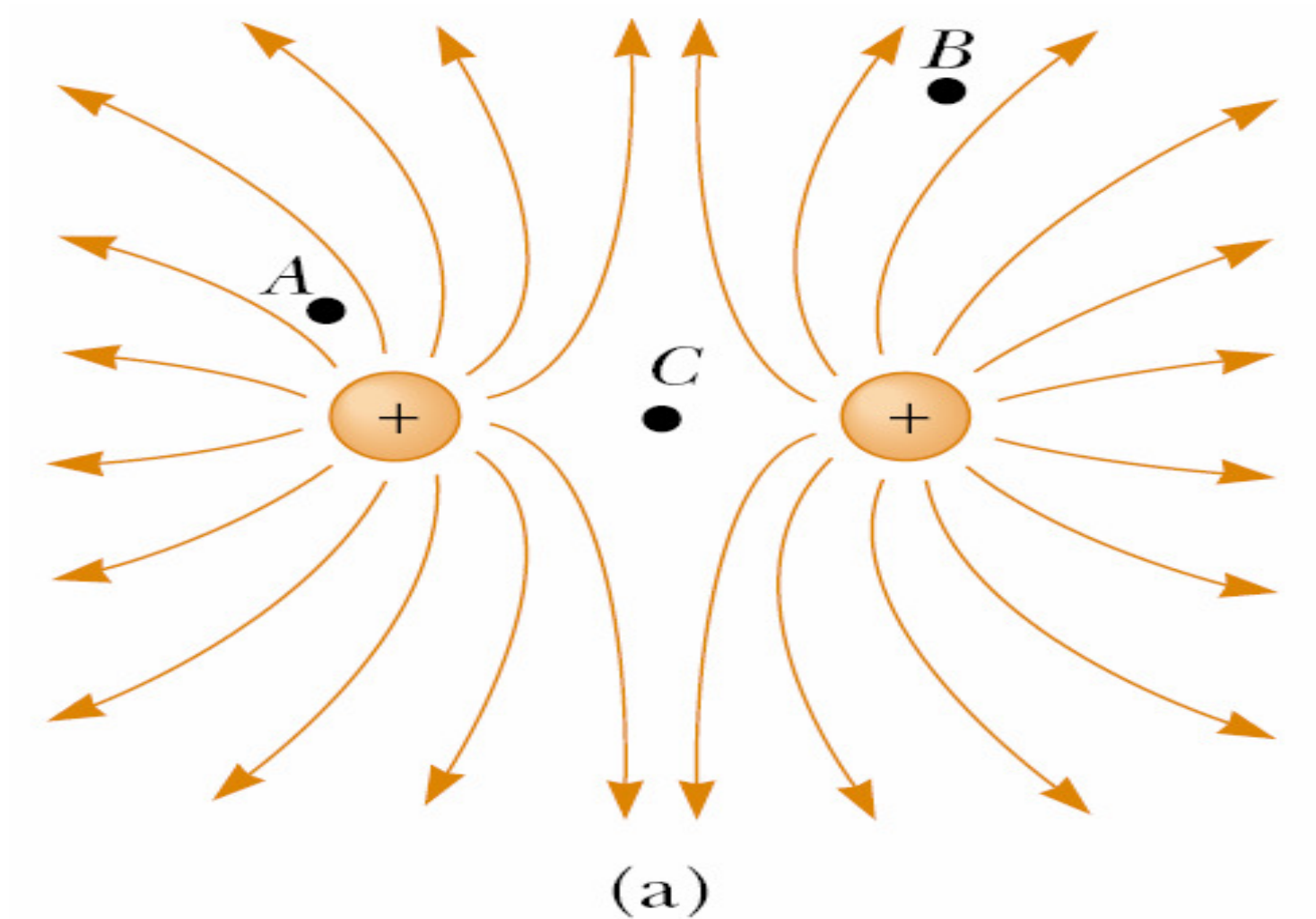
Líneas de Campo Eléctrico



Líneas de Campo Eléctrico



Líneas de Campo Eléctrico



Diferencia de Potencial y Potencial Eléctrico

Si se coloca una carga q_0 en un campo eléctrico E , la fuerza eléctrica sobre la carga de prueba es $F = q_0 E$

Si un agente externo mueve la carga una pequeña distancia ds , el trabajo hecho por este agente externo es $F ds = q_0 E ds$.

El campo entonces hace un trabajo negativo $-q_0 E ds$

Para un desplazamiento de la carga entre los puntos A y B, tenemos que $\Delta U = U_B - U_A$

$$\Delta U = -q_0 \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

Energía Potencial por unidad de carga

Definición

Potencial Eléctrico: Energía por unidad de carga, es decir:

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

Caso gravitacional $E_p = mgh$, el potencial por unidad de masa es entonces $E_p/m = gh$

Diferencia de Potencial

Recordando que:

$$\Delta U = -q_0 \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} \qquad V = \frac{U}{q_0}$$

Se define la diferencia de potencial entre los puntos A y B como $\Delta V = V_B - V_A$

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q_0} = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

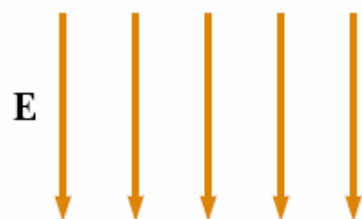
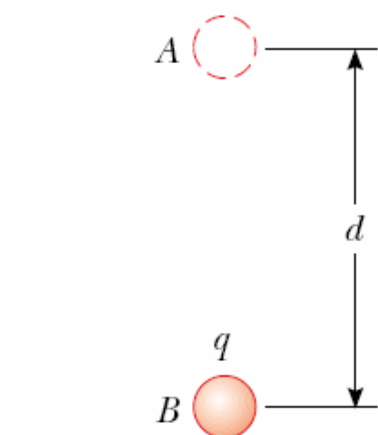
No confundir diferencia de potencial con diferencia de energía.

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q_0}$$

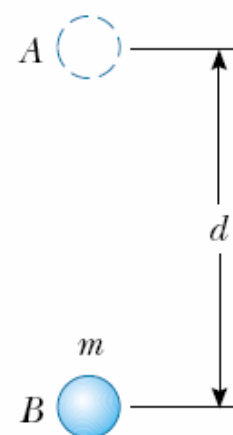
$$1 \text{ V} \equiv 1 \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$1 \frac{\text{N}}{\text{C}} = 1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot \text{V} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$$



(a)



(b)

$$V_B - V_A = \Delta V = - \int_A^B \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = - \int_A^B E \cos 0^\circ ds = - \int_A^B E ds$$

$$\Delta V = -E \int_A^B ds = -Ed$$

$$\Delta U = q_0 \Delta V = -q_0 Ed$$

Definición: Potencial de una carga puntual a una distancia r

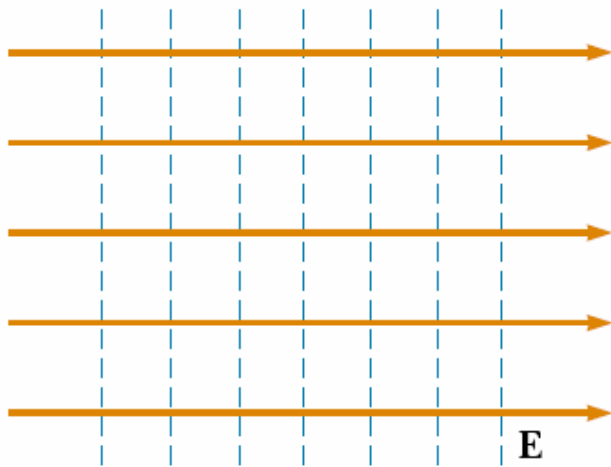
$$V = k_e \frac{q}{r}$$

Notar que con esta definición, el potencial en el infinito es cero

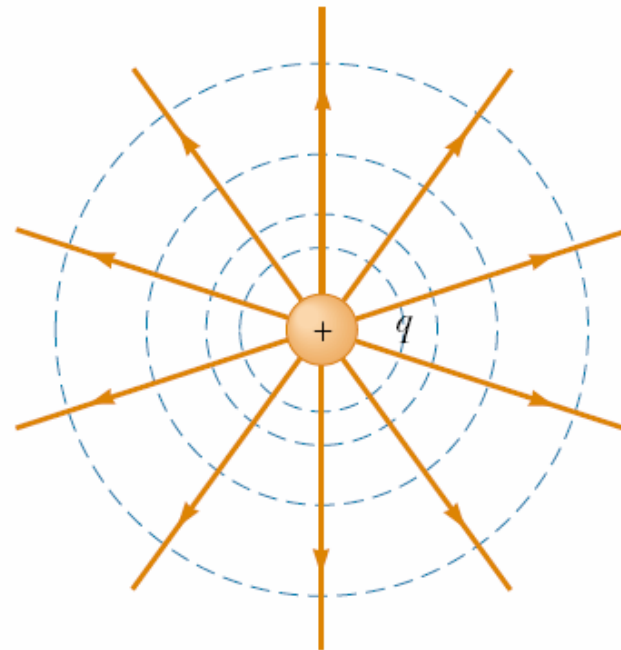
Si tengo varias cargas, aplico principio de superposición:

$$V = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

Líneas de Campo Eléctrico y Líneas Equipotenciales



(a)



(b)