



# Potencial Eléctrico <sup>25</sup>

Presentación PowerPoint de  
Paul E. Tippens, Profesor de Física  
Southern Polytechnic State University

© 2007

# Objetivos:

- Comprender y Aplicar los conceptos de **Energía Potencial Eléctrica, Potencial Eléctrico y Diferencia de Potencial Eléctrico**.
- Calcular el **Trabajo** requerido para mover una carga conocida de un punto a otro, en un Campo Eléctrico creado por Cargas Puntuales.

# Trabajo y Energía

**Trabajo**, se define como el producto del desplazamiento  $[d]$  y una fuerza paralela aplicada  $[F]$ .

$$\text{Trabajo} = (F)(d);$$

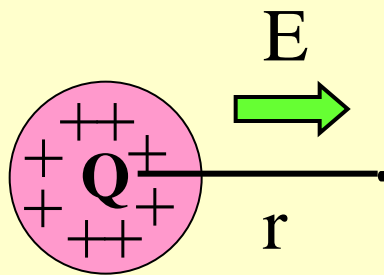
unidades:  $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$

**Energía Potencial [U]** => habilidad para realizar trabajo en virtud de la posición ó condición. (Joules)

**Energía Cinética [K]** => habilidad para realizar trabajo en virtud del movimiento (velocidad). (Joules)

# Propiedades del Espacio

**Campo Eléctrico**,  $\Rightarrow$  es una propiedad del espacio  $q'$  permite predecir la fuerza sobre una carga en dicho punto.



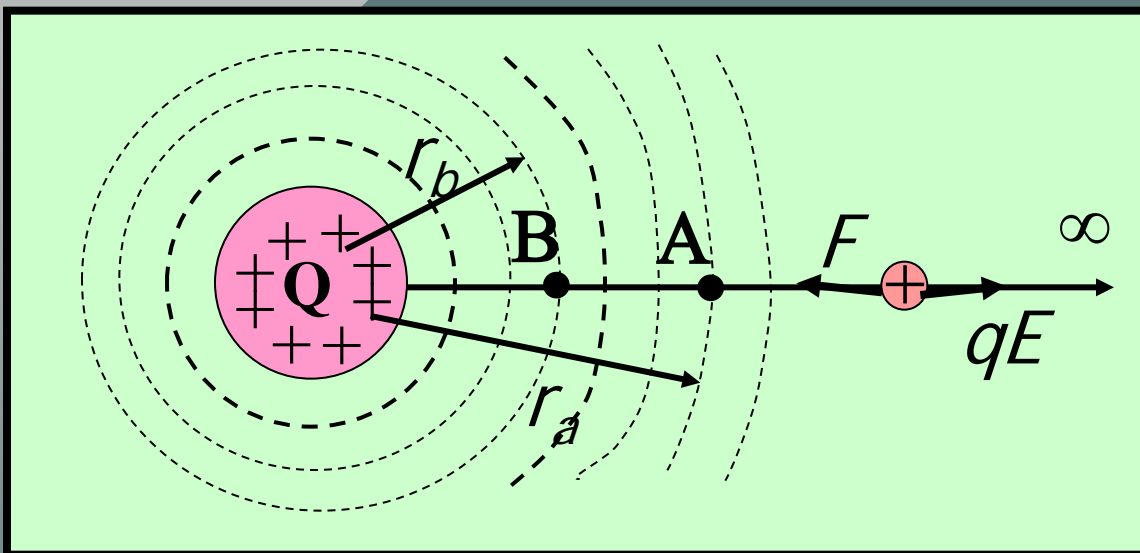
Campo Eléctrico

$$E = \frac{F}{q}; \quad F = qE$$

El Campo  $[E]$ , existe independientemente de la carga  $[q]$  y se encuentra a partir de:

$$\text{Campo eléctrico} = E = \frac{kQ}{r^2}$$

# Trabajo Par, mover una carga



Trabajo para mover  
+q de A a B.

En A:  $F_a = \frac{kqQ}{r_a^2}$

En B:  $F_b = \frac{kqQ}{r_b^2}$

Fuerza Promedio:  $F_{avg} = \frac{kqQ}{r_a r_b}$

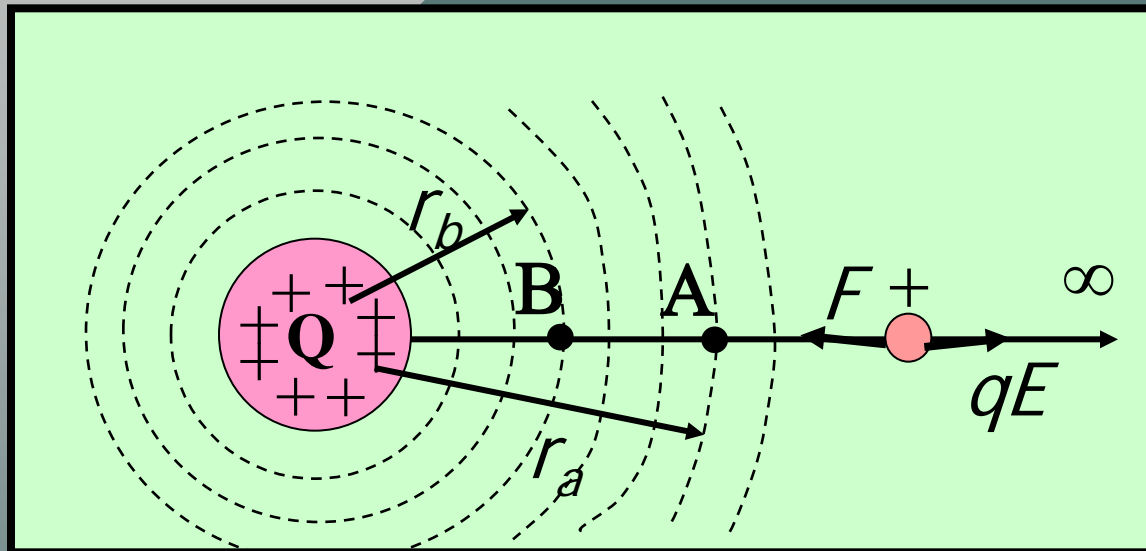
Distancia:  $r_a - r_b$

$$\text{Trabajo} = Fd = \frac{kQq}{r_a r_b} (r_a - r_b)$$

$$\text{Trabajo} = kQq \left( \frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right)$$

Constante de Proporcionalidad  $k = 9 \times 10^9 \text{ [N (m}^2\text{/C}^2\text{)]}$

# Energía Potencial Absoluta



La E.P. absoluta es relativa a  $\infty$ .

Es trabajo para traer  $+q$  de infinito a un punto cerca de  $Q$ ; es decir, de  $\infty$  a  $r_b$

$$\text{Trabajo} = kQq \left( \frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a} \right)$$

$$\text{Trabajo} = kQq \left( \frac{1}{r_b} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{kQq}{r_b}$$

Energía Potencial:  $EP = U = k \left( \frac{Qq}{r} \right) [J]$

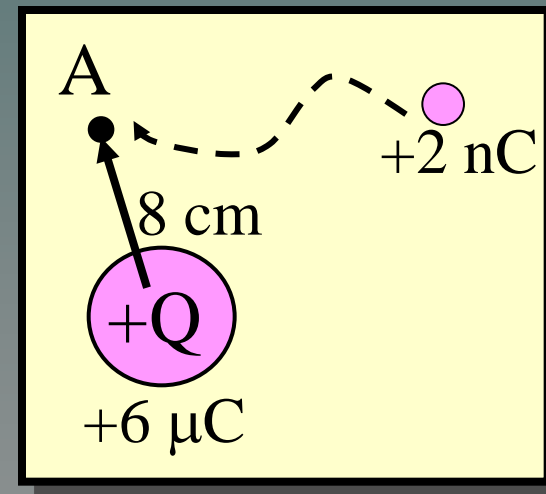
Constante de Proporcionalidad  $k = 9 \times 10^9 \text{ N (m}^2\text{/C}^2\text{)}$

P.E. 15.

¿Cuál es la Energía Potencial, si una carga de  $+2\text{nC}$ , se mueve del  $\infty$  al punto A, a  $8\text{ cm}$  de una carga de  $+6\mu\text{C}$ ?

La E.P. será **positiva** en el punto A, porque el **campo** puede realizar trabajo **+** si **q** se libera.

Energía Potencial: 
$$U = \frac{kQq}{r}$$



$$U = \frac{(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})(+6 \times 10^{-6}\text{C})(+2 \times 10^{-9}\text{C})}{(0.08 \text{ m})}$$

Energía Potencial Positiva

$$U = 1.35\text{mJ}$$

$$e = \frac{1\text{C}}{6,241509 \times 10^{18}} = 1,602176 \times 10^{-19}\text{C}$$

Constante de Proporcionalidad  $k = 9 \times 10^9 \text{ N (m}^2/\text{C}^2)$

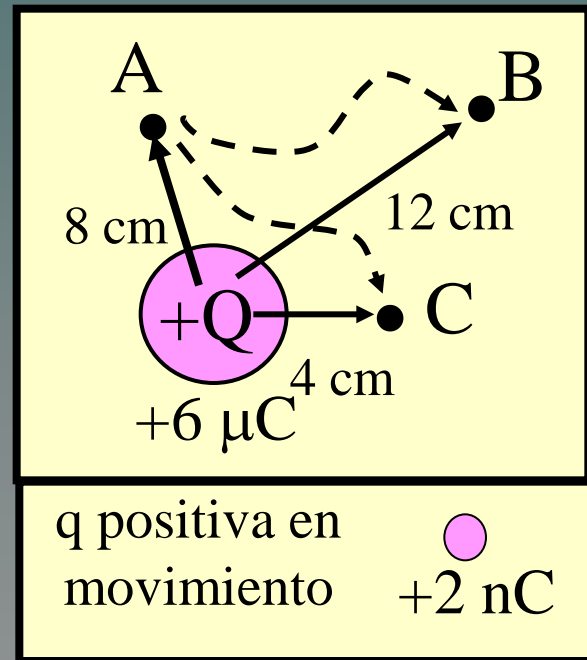
# Signos para la Energía Potencial

Considere los puntos A, B y C.

Para  $+2\text{nC}$  en A:  $U = +1.35\text{mJ}$

Preguntas:

Si  $+2\text{nC}$  se mueve de A a B, ¿el campo (E), realiza trabajo  $+$  o  $-$ ? ¿La E.P. aumenta o disminuye?



El Campo (E), realiza trabajo positivo, la E.P. disminuye.

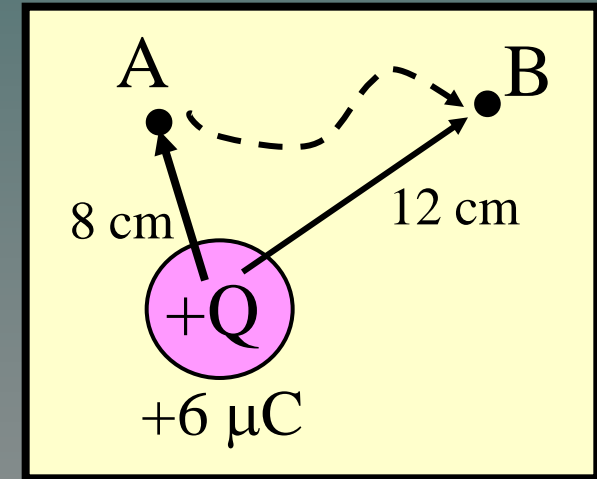
Si  $+2\text{nC}$ , se mueve de A a C (más cerca de  $+Q$ ), el campo (E), realiza trabajo negativo y la E.P. aumenta.



P.E. 16. ¿Cuál es el cambio en Energía Potencial, si una carga **+2 nC** se mueve de **A** a **B**?

Energía Potencial:  $U = \frac{kQq}{r}$

Del Ej. 1:  $U_A = + 1.35\text{mJ}$



$$U_B = \frac{(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})(+6 \times 10^{-6}\text{C})(+2 \times 10^{-9}\text{C})}{(0.12 \text{ m})} = 0.900 \text{ mJ}$$

$$\Delta U = U_B - U_A = 0.9\text{mJ} - 1.35\text{mJ}$$

$$\Delta U = -0.450\text{mJ}$$

Note q' E.P. disminuye conforme E realiza trabajo.

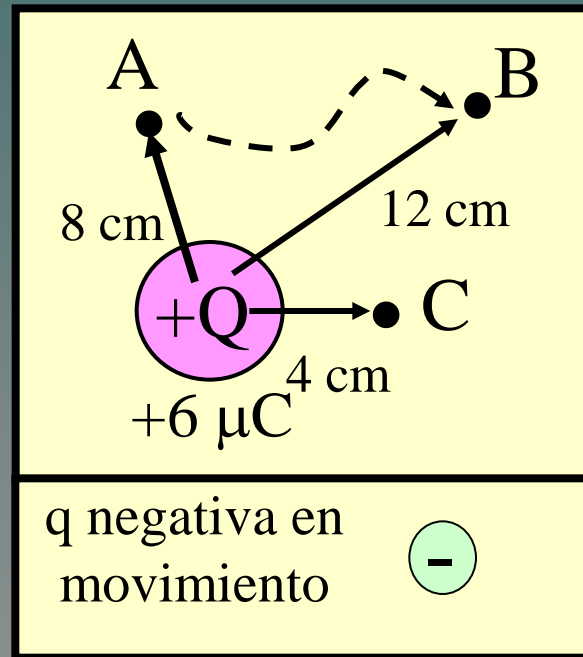
Constante de Proporcionalidad  $k = 9 \times 10^9 \text{ N (m}^2/\text{C}^2)$

# Movimiento de una Carga Negativa

Considere los puntos A, B y C.  
Suponga  $q'$  se mueve una  $-q$  negativa.

Preguntas:

Si  $-q$  se mueve de A a B, ¿el campo E realiza trabajo + o -?  
¿E.P. aumenta o disminuye?



**El Campo (E), realiza trabajo negativo, E.P. aumenta.**

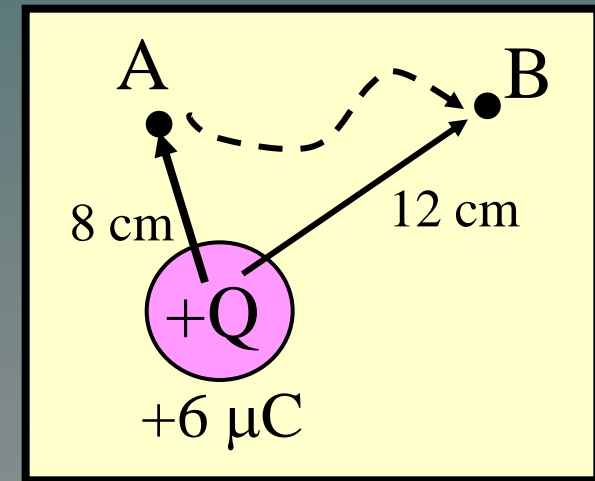
¿Qué ocurre si se mueve una carga de  $-2nC$  de A a B, en lugar de una carga de  $+2nC$ ?. Continúa este ejemplo. . .

**P.E. 17. OK FINALIZADO** ¿Cuál es el cambio en Energía Potencial si una carga de **-2 nC** se mueve de **A** a **B**?

Energía Potencial:  $U = \frac{kQq}{r}$

Del Ej. 1:  $U_A = -1.35 \text{ mJ}$

(Negativo debido a carga -)



$$U_B = \frac{(9 \times 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2})(6 \times 10^{-6} \text{C})(-2 \times 10^{-9} \text{C})}{(0.12 \text{ m})} = -0.900 \text{ mJ}$$

$$U_B - U_A = -0.9 \text{ mJ} - (-1.35 \text{ mJ})$$

$$\Delta U = +0.450 \text{ mJ}$$

Una carga  $-q'$  se mueve alejándose de una carga  $+$  gana E.P.

Constante de Proporcionalidad  $k = 9 \times 10^9 \text{ N (m}^2/\text{C}^2)$

# Potencial Eléctrico

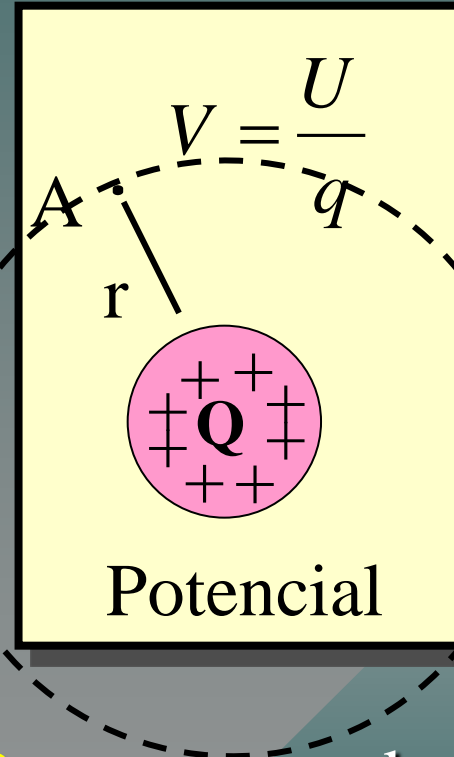
**Potencial Eléctrico** => propiedad del espacio,  $q'$  permite predecir la E.P. de **cualquier** carga ( $q$ ), en un punto.

**Potencial Eléctrico:**

$$V = \frac{U}{q} \left[ \frac{J}{C} \right]$$

**Energía Potencial:**

$$EP = U = q V_A$$



P.E. Si el potencial es **400 J/C**, en el punto **P**, una carga de **-2nC** en dicho punto tendría E.P. :

$$U = qV = (-2 \times 10^{-9}C)(400 \text{ J/C});$$

$$U = -800\text{nJ}$$

# Cálculo de la Energía Potencial Eléctrica

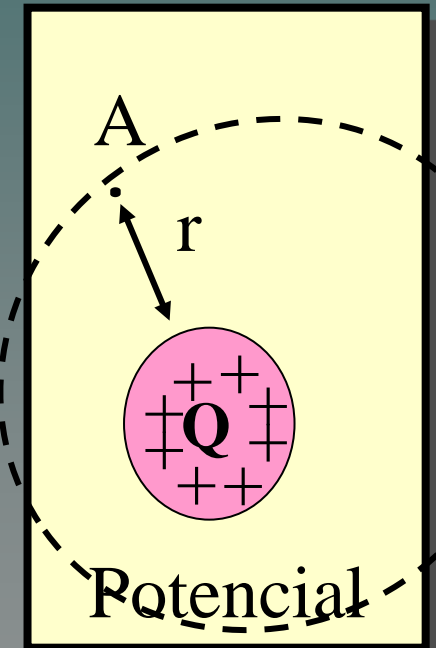
**Energía Potencial: Potencial Eléctrico:**

$$EP = U = k \frac{Qq}{r} [J]$$

$$V_A = \frac{EP}{q} \left[ \frac{J}{q} \right]$$

**Sustituyendo:**

$$V = \frac{\left( kQ\cancel{q} / r \right)}{\cancel{q}} = \frac{kQ}{r}$$



$$V_A = k \frac{Q}{r} [V]$$

**Se obtiene: Energía Potencial Eléctrica:**

El Potencial Eléctrico, debido a una carga positiva es positivo.

El Potencial Eléctrico, debido a una carga negativa es negativo.

# Unidad SI de Potencial (volt)

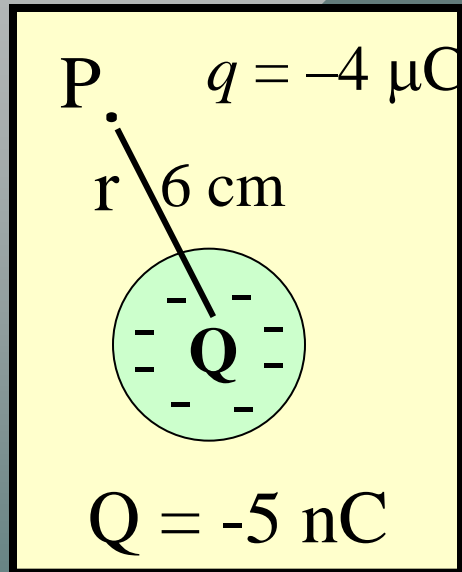
De la definición de Energía Potencial Eléctrico, como E.P. por Unidad de Carga, se ve q' las unidades deben ser J/C. Esta unidad se redefine como volt (V).

Potencial Eléctrico = V

$$V = \frac{EP}{q} \left[ \frac{J}{C} \right] \quad 1V = \frac{1J}{1C} [V]$$

Un Potencial de 1volt, en un punto dado, significa q' una carga de 1 coulomb, colocada en dicho punto, experimentará una Energía Potencial de 1 joule.

**P.E. 18:** Encuentre el potencial a una distancia de 6cm de una carga de  $-5\text{nC}$ .



$$V = \frac{kQ}{r} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)(-5 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.06 \text{ m})}$$

$V$  negativo en  
el punto  $P$  :

$$V_P = -750 \text{ V}$$

¿Cuál sería la E.P. de una carga de  $-4\mu\text{C}$  colocada en este punto  $P$ ?

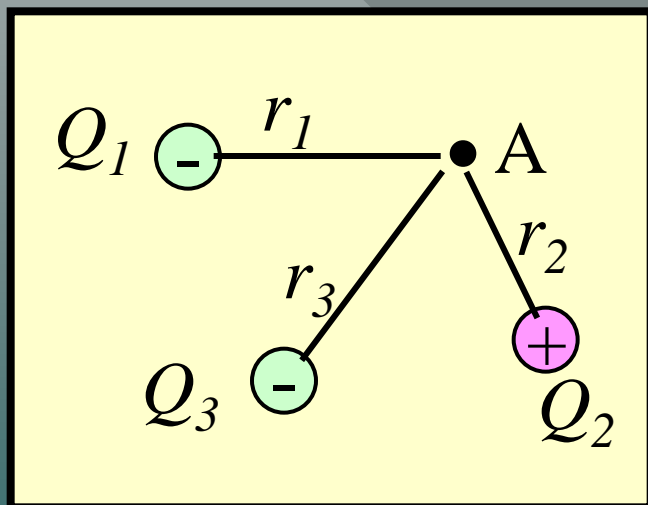
$$U = qV = (-4 \times 10^{-6} \mu\text{C})(-750 \text{ V});$$

$$U = 3.00 \text{ mJ}$$

Como E.P. es positiva, E realizará trabajo + si  $q$  se libera.

# Potencial para Múltiples Cargas

El Potencial Eléctrico ( $V$ ), en la vecindad de algunas cargas, es igual a la suma algebraica de los potenciales debidos a cada carga.



$$V_A = \frac{kQ_1}{r_1} + \frac{kQ_2}{r_2} + \frac{kQ_3}{r_3}$$

$$V = \sum \frac{kQ}{r}$$

El Potencial, es + o -, con base en el signo de las cargas  $Q$ .



P.E. 19:

Dos cargas  $Q_1 = +3\text{nC}$  y  $Q_2 = -5\text{nC}$  están separadas  $8\text{ cm}$ . Calcule el potencial eléctrico en el punto A.

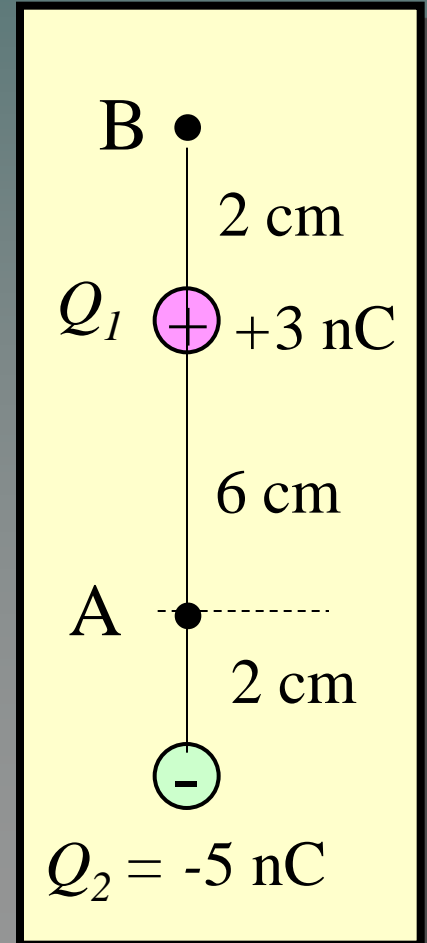
$$V_A = \frac{kQ_1}{r_1} + \frac{kQ_2}{r_2}$$

$$\frac{kQ_1}{r_1} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)(+3 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.06 \text{ m})} = +450 \text{ V}$$

$$\frac{kQ_2}{r_2} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)(-5 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.02 \text{ m})} = -2250 \text{ V}$$

$$V_A = 450\text{V} - 2250\text{V};$$

$$V_A = -1800\text{V}$$



P.E. 19 (Cont.):

Calcule el **Potencial Eléctrico**, en el punto **B** para las mismas cargas.

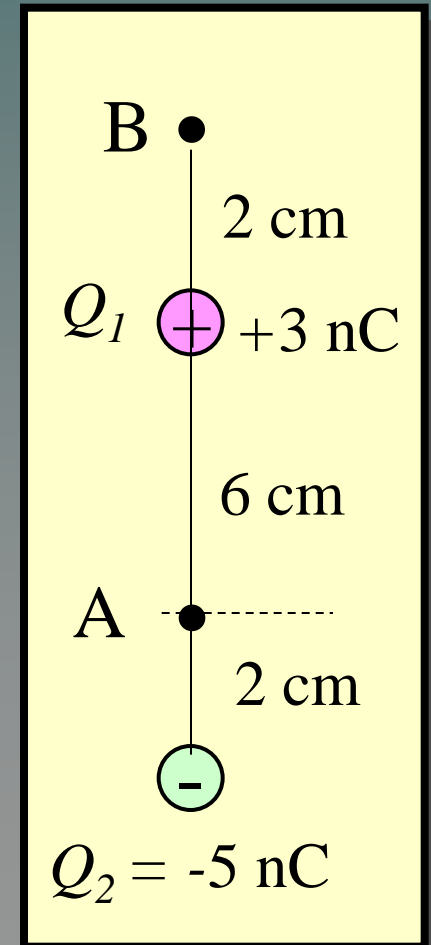
$$V_B = \frac{kQ_1}{r_1} + \frac{kQ_2}{r_2}$$

$$\frac{kQ_1}{r_1} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)(+3 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.02 \text{ m})} = +1350 \text{ V}$$

$$\frac{kQ_2}{r_2} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2)(-5 \times 10^{-9} \text{ C})}{(0.10 \text{ m})} = -450 \text{ V}$$

$$V_B = 1,350\text{V} - 450\text{V};$$

$$V_B = +900\text{V}$$



P.E. 19 (Cont.):

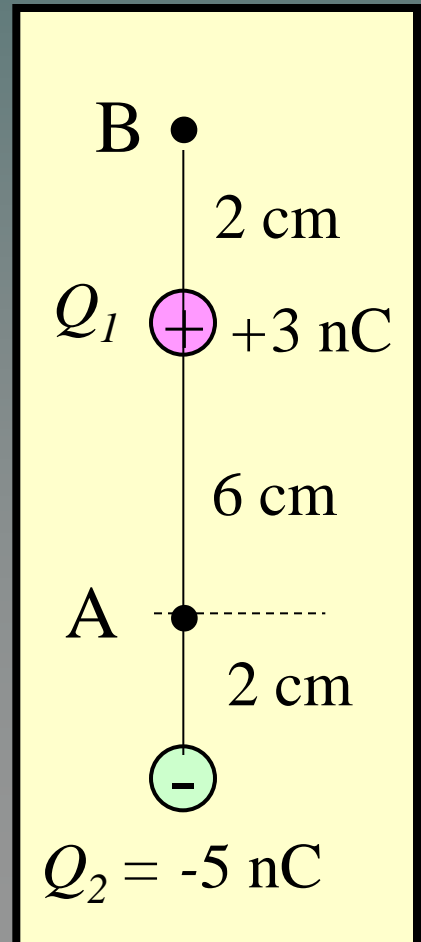
Discuta el significado de los potenciales recién encontrados para los puntos **A** y **B**.

Considere el punto A:

$$V_A = -1800V$$

Para cada coulomb de carga positiva colocado en el punto A, la E.P., será  $-1800$  J. (E.P. negativa.)

El campo se sostiene a esta carga positiva. Una fuerza externa debe realizar  $+1800$  J de trabajo para mover cada coulomb de carga  $+$  a infinito.



### Ejemplo 19 (Cont.):

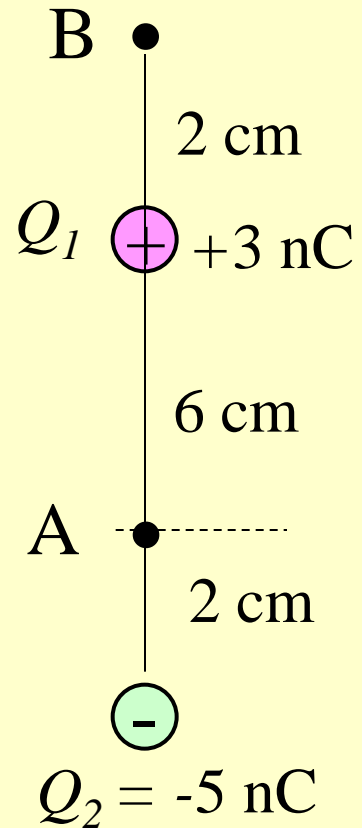
Discuta el significado de los potenciales recién encontrados para los puntos **A** y **B**.

Considere el punto B:

$$V_B = +900V$$

Para cada Coulomb de carga positiva, colocada en el punto B, la E.P., será +900J. (E.P. positiva.)

Para cada coulomb de carga positiva, el campo (E), realizará 900J de trabajo positivo para moverlo al infinito.



# Diferencia de Potencial

La Diferencia de Potencial, entre dos puntos A y B es el trabajo por unidad de carga positiva realizado por las fuerzas eléctricas para mover una pequeña carga de prueba desde el punto de mayor potencial al punto de menor potencial.

$$\text{Trabajo}_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B) \quad \text{Trabajo por el campo } E$$

$$\text{Diferencia de Potencial: } V_{AB} = V_A - V_B$$

Se pueden usar matemáticamente los signos positivo y negativo de las cargas para dar los signos adecuados.

P.E. 20:

¿Cuál es la diferencia de potencial entre los puntos A y B? ¿Qué trabajo realiza el campo (E), si una carga de  $+2 \mu\text{C}$  se mueve de A a B?

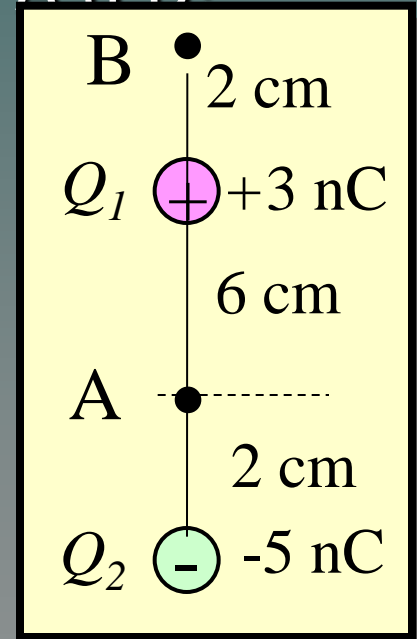
$$V_A = -1800\text{V}$$

$$V_B = +900\text{V}$$

$$V_{AB} = V_A - V_B = -1800\text{V} - 900\text{V}$$

$$V_{AB} = -2700\text{V}$$

Note q' el punto B está a mayor potencial.



$$\text{Trabajo}_{AB} = q(V_A - V_B) = (2 \times 10^{-6}\text{C})(-2700 \text{ V})$$

$$\text{Trabajo} = -5.40\text{mJ}$$

El campo (E), realiza trabajo negativo.

Por tanto, se requirió una fuerza externa para mover la carga.

P.E. 20 (Cont.):

Ahora suponga  $q'$  la carga de  $+2\mu\text{C}$  se mueve de regreso de **B** a **A**?

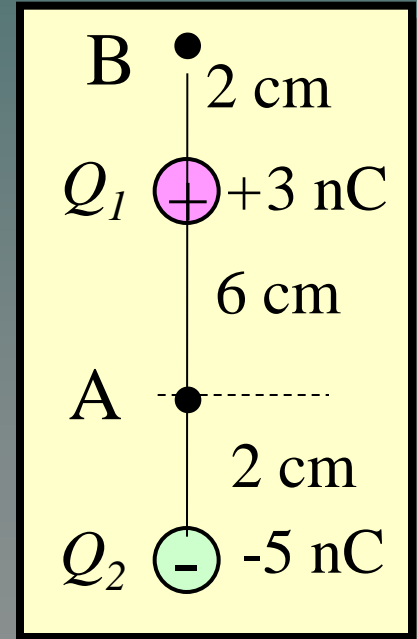
$$V_A = -1800\text{V}$$

$$V_B = +900\text{V}$$

$$V_{BA} = V_B - V_A = 900\text{ V} - (-1800\text{ V})$$

$$V_{BA} = +2700\text{V}$$

Esta trayectoria es de potencial alto a bajo.



$$\text{Trabajo}_{BA} = q(V_B - V_A) = (2 \times 10^{-6}\text{ C})(+2700\text{ V})$$

$$\text{Trabajo} = +5.40\text{mJ}$$

El campo (E), realiza trabajo positivo.

¡Esta vez el trabajo se realiza **POR** el campo E!

# Placas Paralelas

Considere dos placas paralelas de carga igual y opuesta, separadas una distancia ( $d$ )

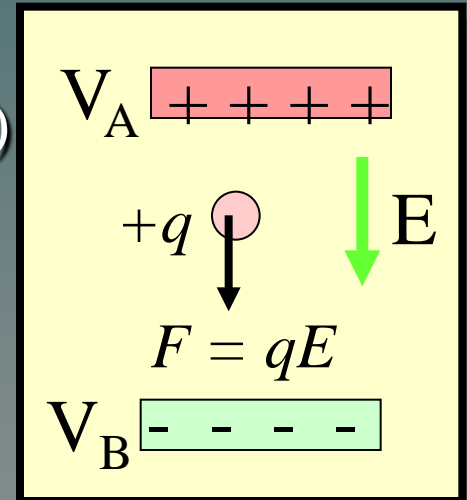
Campo ( $E$ ) constante:  $F = (q)(E)$

$$\text{Trabajo} = (F)(d) = [(q)(E)](d)$$

$$\text{Además, Trabajo} = q(V_A - V_B)$$

$$\text{De modo q': } \cancel{q}V_{AB} = \cancel{q}Ed$$

$$V_{AB} = (E)(d)$$

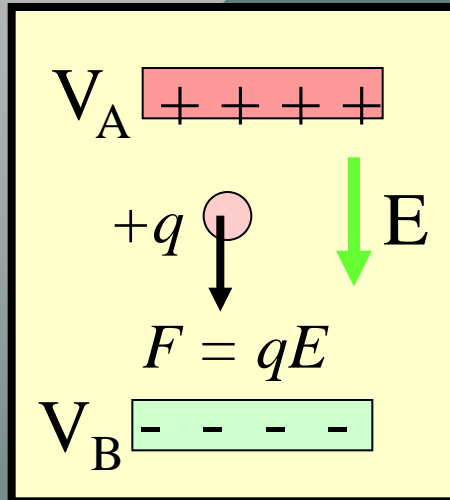


La diferencia de potencial entre dos placas paralelas cargadas opuestamente es el producto de  $E$  y  $d$ .



P.E. 21:

La diferencia de potencial entre dos placas paralelas es **80V**. Si su separación es de **3mm**, ¿cuál es el campo **E**?



$$V = Ed; \quad E = \frac{V}{d}$$

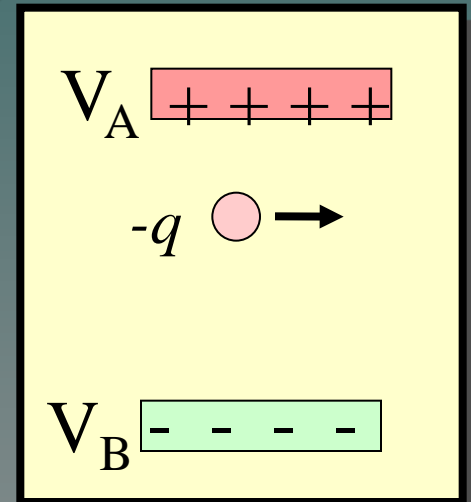
$$E = \frac{80 \text{ V}}{0.003 \text{ m}} = 26,700 \text{ V/m}$$

El campo ( $E$ ), expresado en volts por metro (V/m), se conoce como gradiente de potencial y es equivalente al N/C. El volt por metro, es la mejor unidad para corriente de electricidad, el N/C es mejor para electrostática.

# ELECTRÓN VOLT

Consideremos la energía de una partícula cargada  $q'$  se mueve a través de una diferencia de potencial.

$$1V = \frac{1J}{1C} [V]$$



Esta unidad correspondiente de energía (joule) es demasiado grande  
La unidad de energía más conveniente a utilizar en el electrón volts (eV).

eV => Unidad de energía equivalente a la energía adquirida por el  $e^-$ ,  $q'$  es acelerado a través de una diferencia de potencial de 1 V.  $EC = (1.6 \times 10^{-19} C)(1V) = 1.6 \times 10^{-19} J$

$$eV = 1.6 \times 10^{-19} J$$

# Resumen de Fórmulas

$$\text{Trabajo} = Fd = k \frac{Qq}{r_A r_B} (r_A - r_B) [J]$$

Fuerza Eléctrica ( $F$ ):

$$F = k \left( \frac{q_1 q_2}{r^2} \right) [N]$$

Intensidad de Campo Eléctrico ( $E$ ):

$$E = \frac{F}{q} = k \left( \frac{q}{r^2} \right) \left[ \frac{N}{C} \right]$$

Energía Potencial (EP,  $U$ ):

$$U = k \left( \frac{q_1 q_2}{r} \right) [J]$$

Energía Potencial Eléctrica ( $V$ ):

$$V = \frac{EP}{q} \left[ \frac{J}{C} \right]$$

*Trabajo por el Campo Eléctrico:*

$$\text{Trabajo}_{AB} = q(V_A - V_B)$$

Diferencia de Potencial:

$$V_{AB} = V_A - V_B$$

# CONCLUSIÓN: Capítulo 25

## Potencial Eléctrico

