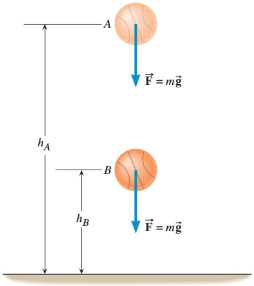
Potencial eléctrico

La fuerza eléctrica posee una forma similar a la fuerza gravitatoria y ambas son conservativas (lo que implica que el trabajo es independiente de la trayectoria)

$$F_e = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \qquad F_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

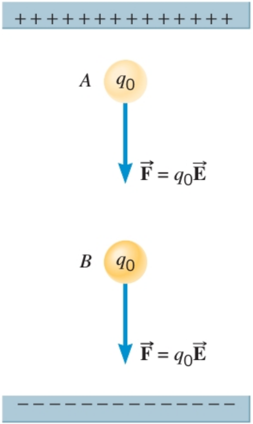
por lo tanto así como definimos la energía potencial gravitatoria, podemos definir la energía potencial eléctrica de manera equivalente. Previamente calculamos el trabajo realizado por la fuerza gravitatoria al dejar caer un objeto



$$W_{AB} = \|\vec{F}_g\|\|\vec{s}\|cos(\theta) = mgh_A - mgh_B$$

$$W_{AB} = U_{gA} - U_{gB}$$

De manera análoga el trabajo realizado por la fuerza eléctrica al desplazar una carga desde A hasta B será igual a la variación de energía potencial eléctrica



$$W_{AB} = U_{eA} - U_{eB}$$

dado que la fuerza eléctrica $F_e = q_0 E$ depende de la carga q_0, resulta útil expresar el trabajo por unidad de carga

$$\frac{W_{AB}}{q_0} = \frac{U_{eA}}{q_0} - \frac{U_{eB}}{q_0}$$

La energía potencial eléctrica por unidad de carga se denomina **potencial eléctrico**

Definimos el **potencial eléctrico** en un dado punto como la energía potencial eléctrica de una pequeña carga de prueba (en dicho punto) dividido por esa carga:

$$\boxed{V = \frac{U_e}{q_0}}$$

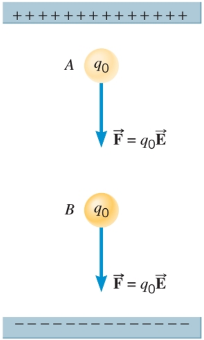
Unidades en el S.I. joule/coulomb = volt (V). Podemos entonces relacionar el trabajo realizado por la fuerza eléctrica al mover una carga q_0 desde el punto A hasta B con la diferencia de potencial $V_B - V_A$ entre los puntos

$$V_B - V_A = \frac{U_{eB}}{q_0} - \frac{U_{eA}}{q_0} = -\frac{W_{AB}}{q_0}$$

$$\boxed{\Delta V = \frac{\Delta U_e}{q_0} = -\frac{W_{AB}}{q_0}}$$

El trabajo realizado por una carga de prueba $(2.0 \times 10^{-6}C)$ mientras se mueve de A hasta B es $5.0 \times 10^{-5}J$

(a) Determinar la diferencia de energía potencial eléctrica entre A y B
(b) Determinar la diferencia de potencial entre A y B



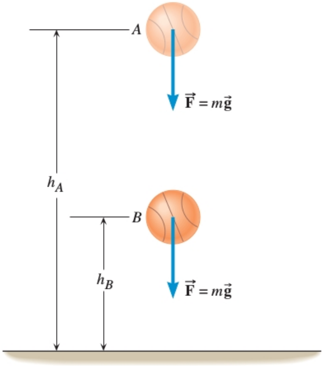
- La diferencia de energía potencial eléctrica entre A y B viene dada por

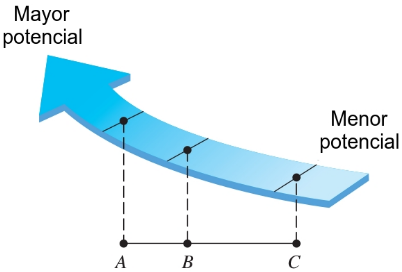
$$\Delta U_e = -W_{AB} = -5.0 \times 10^{-5}J$$

- La diferencia de potencial entre A y B viene dada por

$$V_B - V_A = -\frac{W_{AB}}{q_0} = -\frac{5.0 \times 10^{-5}J}{2.0 \times 10^{-6}C} = -25\,V$$

Al igual que lo que sucede con la masa y la energía potencial gravitatoria, una carga positiva se acelera al ir de una zona con mayor potencial a una con menor potencial



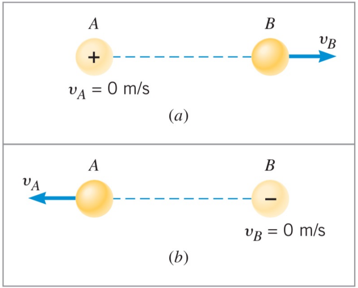


Por su parte las cargas negativas se aceleran al ir de una zona de menor potencial a una con mayor potencial

Ejemplo 2

Una partícula tiene una masa de $1.8 \times 10^{-5}\, kg$ y una carga de $3.0 \times 10^{-5}\, C$. Si se la deja en libertad desde el reposo en A, acelera horizontalmente hasta alcanzar el punto B. La única fuerza que actúa sobre la partícula es la fuerza eléctrica y el potencial eléctrico en A es 25V mayor que en B

(a) ¿Cuál es la rapidez de la partícula en B?
(b) Si la misma partícula tiene carga negativa y se la deja en libertad en el punto B, ¿cuál será su rapidez en A?



- (a) Como la única fuerza que interviene es conservativa $\Delta E = 0$

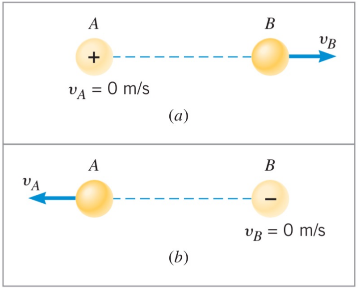
$$\frac{1}{2}\cancelto{0}{m\nu_A^2} + U_{eA} = \frac{1}{2}m\nu_B^2 + U_{eB}$$

$$\frac{1}{2}m\nu_B^2 = U_{eA} - U_{eB} = q_0 V_A - q_0 V_B = q_0(V_A - V_B)$$

Una partícula tiene una masa de $1.8 \times 10^{-5}\,kg$ y una carga de $3.0 \times 10^{-5}\,C$. Si se la deja en libertad desde el reposo en A, acelera horizontalmente hasta alcanzar el punto B. La única fuerza que actúa sobre la partícula es la fuerza eléctrica y el potencial eléctrico en A es 25V mayor que en B

(a) ¿Cuál es la rapidez de la partícula en B?

(b) Si la misma partícula tiene carga negativa y se la deja en libertad en el punto B, ¿cuál será su rapidez en A?



$$\frac{1}{2}m\nu_B^2 = q_0(V_A - V_B)$$

$$\nu_B = \sqrt{\frac{2q_0(V_A - V_B)}{m}}$$

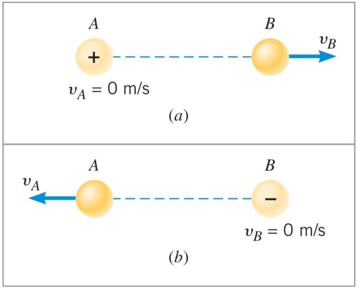
$$\nu_B = \sqrt{\frac{2(3.0\times 10^{-5}\,C)(25V)}{1.8\times 10^{-5}\,kg}} = \boxed{9.1\,m/s}$$

Ejemplo 2

Una partícula tiene una masa de $1.8 \times 10^{-5}\,kg$ y una carga de $3.0 \times 10^{-5}\,C$. Si se la deja en libertad desde el reposo en A, acelera horizontalmente hasta alcanzar el punto B. La única fuerza que actúa sobre la partícula es la fuerza eléctrica y el potencial eléctrico en A es 25V mayor que en B

(a) ¿Cuál es la rapidez de la partícula en B?

(b) Si la misma partícula tiene carga negativa y se la deja en libertad en el punto B, ¿cuál será su rapidez en A?



- (b) Como la única fuerza que interviene es conservativa $\Delta E = 0$

$$\cancel{\frac{1}{2}m\nu_B^2}^{\,0} + U_{eB} = \frac{1}{2}m\nu_A^2 + U_{eA}$$

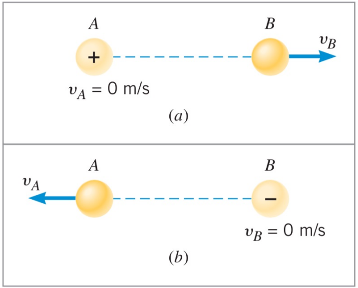
$$\frac{1}{2}m\nu_A^2 = U_{eB} - U_{eA} = q_0 V_B - q_0 V_A = q_0(V_B - V_A)$$

Ejemplo 2

Una partícula tiene una masa de $1.8 \times 10^{-5}\,kg$ y una carga de $3.0 \times 10^{-5}\,C$. Si se la deja en libertad desde el reposo en A, acelera horizontalmente hasta alcanzar el punto B. La única fuerza que actúa sobre la partícula es la fuerza eléctrica y el potencial eléctrico en A es 25V mayor que en B

(a) ¿Cuál es la rapidez de la partícula en B?

(b) Si la misma partícula tiene carga negativa y se la deja en libertad en el punto B, ¿cuál será su rapidez en A?

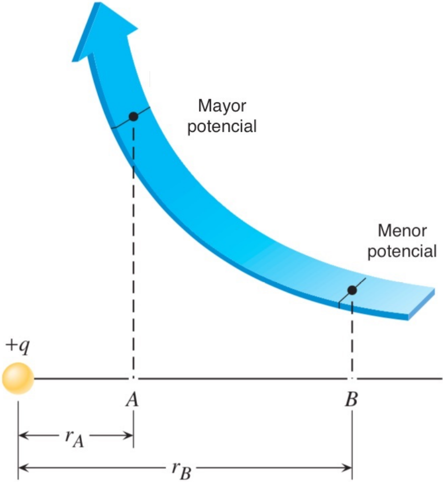


$$\frac{1}{2}m\nu_A^2 = q_0(V_B - V_A)$$

$$\nu_A = \sqrt{\frac{2q_0(V_B - V_A)}{m}}$$

$$\nu_A = \sqrt{\frac{2(-3.0 \times 10^{-5}\,C)(-25V)}{1.8 \times 10^{-5}\,kg}} = \boxed{9.1\,m/s}$$

Una carga positiva $+q$ genera un potencial eléctrico como se describe en la figura

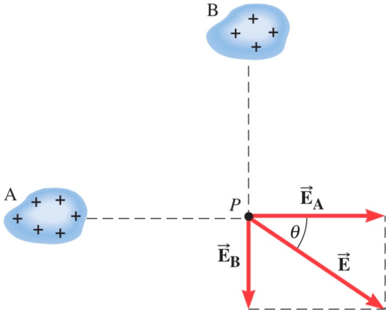


Potencial eléctrico debido a una carga puntal

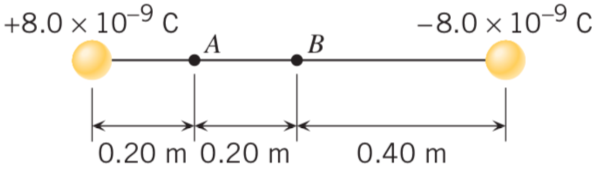
$$\boxed{V = \frac{k_e q}{r}}$$

- cuando $r \to \infty \quad \Rightarrow \quad V \to 0$
- cuando $r \to 0 \quad \Rightarrow \quad V \to \infty$

Hasta aquí hemos considerado la fuerza, el campo y el potencial eléctrico debido a una sola carga. El tratamiento de estas magnitudes en problemas donde intervienen varias cargas puede tratarse de manera similar, analizando las interacciones de a una por vez como si las demás cargas no estuvieran presentes. Esto es posible dado que para estas magnitudes es válido el **principio de superposición**, el cual se basa en la experimentación



Encontrar el potencial eléctrico total en los puntos A y B

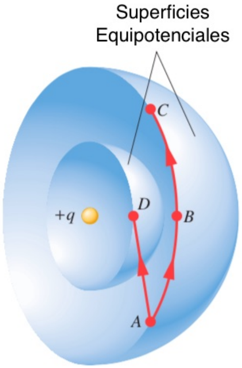


$$V_A = \frac{(9 \times 10^9\, Nm^2/C^2)(8 \times 10^{-9}\, C)}{0.20\, m} + \frac{(9 \times 10^9\, Nm^2/C^2)(-8 \times 10^{-9}\, C)}{0.60\, m} = 240\, V$$

$$V_B = \frac{(9 \times 10^9\, Nm^2/C^2)(8 \times 10^{-9}\, C)}{0.40\, m} + \frac{(9 \times 10^9\, Nm^2/C^2)(-8 \times 10^{-9}\, C)}{0.40\, m} = 0\, V$$

Superficies equipotenciales

Una superficie equipotencial es aquella sobre la cual el potencial eléctrico es el mismo en todos sus puntos. Por ejemplo en el caso de una carga puntual las superficies equipotenciales se muestran en la figura

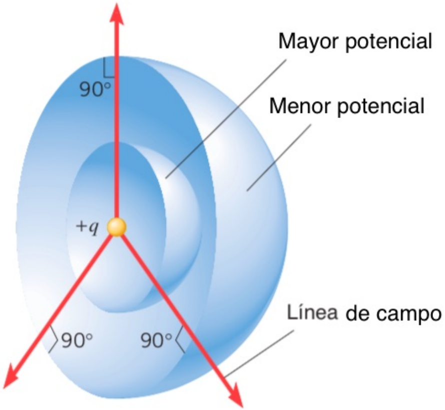


$$\boxed{V = \frac{k_e q}{r}}$$

La fuerza eléctrica neta no realiza trabajo sobre una carga que se mueve sobre una superficie equipotencial, esto queda claro recordando la relación entre el trabajo y ΔV

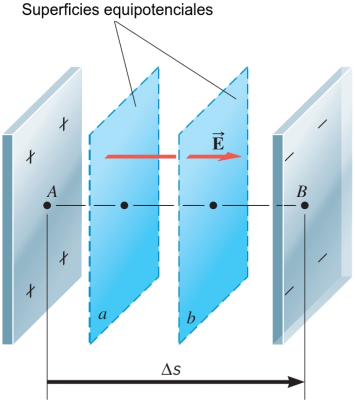
$$\cancelto{0}{\Delta V} = -\frac{W_{AB}}{q_0}$$

El campo eléctrico es perpendicular a las superficies equipotenciales y apunta en la dirección que decrece el potencial.



Dado que la fuerza eléctrica es perpendicular a la superficie equipotencial, esta no realiza trabajo al desplazar una carga por dicha superficie

Una manera simple de obtener un campo eléctrico (fuerza eléctrica) constante, consiste en enfrentar dos placas conductoras con cargas iguales y opuestas



Dado que $F_e = cte$ el trabajo W_{AB} viene dado por

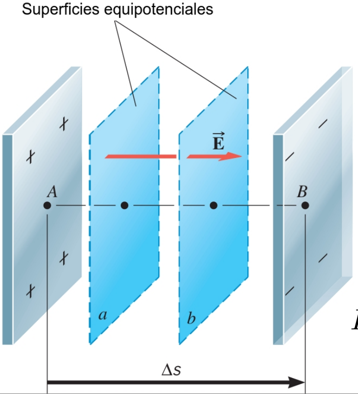
$$W_{AB} = \|\vec{F}_e\| \|\Delta\vec{s}\| cos(\theta) = q_0 E \Delta s$$

Teniendo en cuenta que $W_{AB} = -q_0 \Delta V$ se tiene

$$-\cancel{q_0}\Delta V = \cancel{q_0} E \Delta s \longrightarrow \boxed{E = -\frac{\Delta V}{\Delta s}}$$

Esta ecuación representa la relación entre el campo eléctrico y el potencial eléctrico para el caso de un campo constante

Dos placas con cargas iguales y opuestas están separadas por una distancia de 0.032 m, y la diferencia de potencial eléctrico entre ellas es $V_B - V_A = -64V$. Entre las dos superficies celestes hay una diferencia de potencial de -3.0 V. Encontrar el espaciado entre las dos superficies de color celeste.



- El campo entre las placas viene dado por

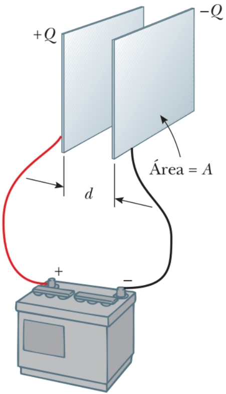
$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta s} = -\frac{(-64V)}{0.032m} = 2000\,V/m$$

- Entre las superficies celestes también se cumple esta relación

$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta s} \rightarrow \Delta s = -\frac{\Delta V}{E} = -\frac{(-3V)}{2000\,V/m} = 1.5 \times 10^{-3} m$$

La combinación de dos conductores enfrentados con cargas iguales y opuestas se conoce como **capacitor**. Los experimentos demuestran que la cantidad de carga que pueden almacenar es directamente proporcional a la ΔV entre los conductores

$$\boxed{Q = C\,\Delta V}$$



Donde la constante de proporcionalidad C recibe el nombre de **capacitancia** y depende de la forma y separación de los conductores. Unidades en el S.I. C/V o F (Faradio)

Para un capacitor de placas paralelas como el de la figura, la capacitancia viene dada por

$$\boxed{C = \frac{\epsilon_0 A}{d}}$$