

# POTENCIAL ELECTRICO

1. Establezca la distinción entre potencial eléctrico y energía potencial eléctrica.

Energía potencial eléctrica es la energía que posee un sistema de cargas eléctricas debido a su posición, en cambio el potencial eléctrico es la cantidad de energía potencial eléctrica que hay por una unidad de carga, en un punto. También se puede entender por potencial eléctrico en un punto al cociente entre el trabajo que hay que hacer para mover una carga desde el infinito, hasta el punto, y la carga que se mueve.

2. Una carga negativa se mueve en dirección de un campo eléctrico uniforme. ¿La energía potencial de la carga aumenta o disminuye?, ¿ésta se mueve a una posición de potencial mayor o menor?

Si se mueve en la dirección del campo, podemos suponer que se mueve desde las cercanías de una carga positiva hacia una carga negativa (o desde cerca de una carga negativa a un lugar aún más cercano), entonces al ser negativa la carga que se mueve va a ir frenando, disminuyendo su velocidad, en consecuencia su energía potencial aumenta (ya que disminuye su energía cinética). Y, se mueve de un potencial eléctrico mayor a uno menor, esto se justifica debido a que se acerca a una supuesta carga negativa.

3. Proporcione una explicación física del hecho de que la energía potencial de un par de cargas iguales es positiva mientras que la correspondiente a un par de cargas diferentes es negativa.

La energía potencial negativa corresponde a un sistema atractivo, y si es positiva corresponde a uno repulsivo. Un par de cargas del mismo tipo se repelen entre sí, y si son de diferentes tipos se atraen entre sí.

4. Un campo eléctrico uniforme es paralelo al eje  $x$ . ¿En qué dirección puede desplazarse una carga en este campo sin que se haga ningún trabajo externo sobre la misma?

Debe moverse entre puntos de igual potencial, así el trabajo será nulo. Esto ocurre en dirección perpendicular al campo eléctrico.

5. Explique por qué las superficies equipotenciales son siempre perpendiculares a las líneas de campo eléctrico.

Si una línea de campo no fuera perpendicular a una superficie equipotencial, entonces tendría una componente paralela a la superficie, y si quisiera mover una carga en la dirección de esa componente del campo se tendría que realizar trabajo. Pero eso contradice el concepto de superficie equipotencial, en una superficie equipotencial se pueden mover cargas sin realizar trabajo.

6. Describa las superficies equipotenciales para a) una línea infinita de carga, b) una esfera cargada uniformemente.

Una superficie equipotencial a una línea infinita de carga sería un cilindro de altura infinita con la línea de carga en su eje central.

Una superficie equipotencial en torno a una esfera cargada uniformemente es otra esfera concéntrica a la que posee la carga.

7. Explique por qué, en condiciones estáticas, todos los puntos en un conductor debe estar al mismo potencial eléctrico.

Si hay dos puntos de un conductor que tienen diferente potencial eléctrico, entonces una carga eléctrica (un electrón por ejemplo) se movería entre las cargas y se registraría una corriente eléctrica, pero se está diciendo que se está en condiciones estáticas, y en esa condición no puede haber corriente eléctrica.

8. El campo eléctrico dentro de una esfera hueca cargada uniformemente es cero. ¿Esto significa que el potencial es cero en el interior de la esfera? Explique.

El potencial eléctrico se relaciona con el campo eléctrico mediante la integral  $\Delta V = -\int E dr$ , por lo tanto, si  $E = 0$  N/C, se puede afirmar que el potencial al interior de la esfera es constante y diferente de cero.

9. ¿Por qué es importante evitar los bordes o puntos afilados sobre conductores utilizados en equipos de alto voltaje?

En los bordes y puntas se acumula mucha carga eléctrica, por lo tanto en las cercanías de esos lugares se registra un gran potencial eléctrico, y si nos acercamos a ellos con nuestro potencial cero, por estar en contacto con tierra, establecemos una gran diferencia de potencial y, por ello, puede producirse una descarga eléctrica desde el punto de alto potencial al de potencial cero (nosotros) y recibiríamos la descarga.

10. ¿Cuál es la seguridad relativa al permanecer en un automóvil con una carrocería metálica durante una intensa tormenta?

Si nos llega un rayo. Desde el punto de vista eléctrico tendríamos bastante seguridad, debido a que la carrocería metálica actúa como jaula de Faraday, en donde la carga eléctrica que acumule queda en su exterior. Pero térmicamente estaríamos en gran peligro.

11. Caminar sobre una alfombra y tocar después a alguien puede producir una descarga eléctrica. Explique la razón por la que ocurre lo anterior.

Al caminar sobre una alfombra nos estamos cargando electrostáticamente, por fricción, y así cualquier parte de nuestro cuerpo queda con carga, con potencial eléctrico diferente de cero. Si así tocamos a una persona, esa persona puede estar con potencial cero, y habría entre ambas personas una diferencia de potencial que puede traducirse en una descarga eléctrica.

12. ¿Qué potencial existe en un punto de un campo eléctrico si el campo tuvo que efectuar un trabajo de 0,24 J para trasladar una carga de  $8\mu\text{C}$  desde ese punto hasta el infinito?

Datos:

$$\begin{aligned} W &= 0,24 \text{ J} \\ q &= 8 \times 10^{-6} \text{ C} \\ V_1 &=? \\ V_2 &= 0 \text{ V (en el infinito)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= q(V_1 - V_2) = qV_1 \\ V_1 &= W/q = 0,24 \text{ J} / 8 \times 10^{-6} \text{ C} = 30.000 \text{ V} \end{aligned}$$

13. Entre dos puntos de un campo eléctrico existe la diferencia de potencial de 2000 V. ¿Qué trabajo se efectúa al trasladar una carga de  $25\mu\text{C}$  entre esos puntos?

Datos:

$$\begin{aligned} V &= 2.000 \text{ V} \\ q &= 25 \times 10^{-6} \text{ C} \\ W &=? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= q(V_1 - V_2) \\ W &= 25 \times 10^{-6} \text{ C} \times 2.000 \text{ V} = 0,05 \text{ J} \end{aligned}$$

14. Para trasladar una carga eléctrica desde un punto a 220 V y la tierra se efectuó un trabajo de 11 millones de Joule. ¿Qué carga pasó a tierra?

Datos:

$$\begin{aligned} V_1 &= 220 \text{ V} \\ V_2 &= 0 \text{ V (tierra)} \\ W &= 11.000.000 \text{ J} \end{aligned}$$

$$W = q(V_1 - V_2)$$

$$q = W/(V_1 - V_2) = 11.000.000 \text{ J} / (220 \text{ V} - 0 \text{ V}) = 50.000 \text{ C}$$

15. ¿Qué potencial existe en la superficie de una esfera de 45cm de radio cargada con 25  $\mu\text{C}$ ?

Datos:

$$R = 0,45 \text{ m}$$

$$q = 25 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$V = ?$$

$$V = kq/R$$

$$V = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 25 \times 10^{-6} \text{ C} / 0,45 \text{ m} = 500.000 \text{ V}$$

16. Calcular la aceleración que adquiere un electrón que se desplaza entre dos placas situadas en el vacío a 1 cm entre sí y entre las que existe la diferencia de potencial de 1 V?

Datos:

$$q = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_{\text{electrón}} = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$d = 0,01 \text{ m}$$

$$V = 1 \text{ V}$$

$$W = Fd = mad$$

$$W = q(V_1 - V_2)$$

$$\text{Entonces: } mad = W = q(V_1 - V_2)$$

Se considerará solo la magnitud de la carga del electrón.

$$a = q(V_1 - V_2)/md = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} / (9,1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times 0,01 \text{ m}) = 1,758 \text{ m/s}^2$$

17. Un núcleo atómico tiene una carga de 50 protones. Hallar el potencial de un punto situado a  $10^{-12}\text{m}$  de dicho núcleo.

Datos:

$$q = 50p = 50 \times 1,6 \times 10^{-19} = 8 \times 10^{-18} \text{ C}$$

$$R = 10^{-12} \text{ m}$$

$$V = kq/R$$

$$V = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 8 \times 10^{-18} \text{ C} / 10^{-12} \text{ m} = 72.000 \text{ V}$$

18. En un vértice de un rectángulo de 3 por 4 cm se coloca una carga de  $-20 \times 10^{-12} \text{ C}$  y en los dos vértices contiguos, sendas cargas de  $10^{-12} \text{ C}$ . Hallar el potencial eléctrico en el cuarto vértice.

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_1 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times -20 \times 10^{-12} \text{ C} / 0,05 \text{ m}$$

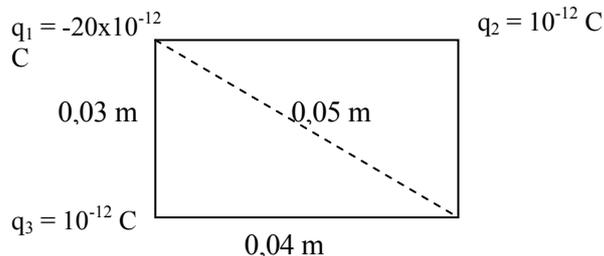
$$= -3,6 \text{ V}$$

$$V_2 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 10^{-12} \text{ C} / 0,03 \text{ m}$$

$$= 0,3 \text{ V}$$

$$V_3 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 10^{-12} \text{ C} / 0,04 \text{ m} = 0,225 \text{ V}$$

$$V = -3,6 \text{ V} + 0,3 \text{ V} + 0,225 \text{ V} = -3,075 \text{ V}$$



19. Hallar el potencial eléctrico en un punto situado a 3 cm de una carga de  $5 \times 10^{-8}$  C.

Datos:

$$q = 5 \times 10^{-8} \text{ C}$$

$$R = 0,03 \text{ m}$$

$$V = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 5 \times 10^{-8} \text{ C} / 0,03 = 15.000 \text{ V}$$

20. Calcular el potencial eléctrico en un punto situado a 1 nm de un núcleo atómico de helio cuya carga vale 2 protones.

Datos:

$$q = 2p = 3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$R = 10^{-9} \text{ m}$$

$$V = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 3,2 \times 10^{-19} \text{ C} / 10^{-9} \text{ m} = 2,88 \text{ V}$$

21. Calcular el potencial eléctrico en el punto medio entre dos cargas separadas 6 m en el aire cuando las cargas son: a)  $10^{-8}$  y  $-10^{-8}$  C, b) las dos de  $10^8$  C, c)  $10^{-8}$  y  $-10^{-9}$  C.

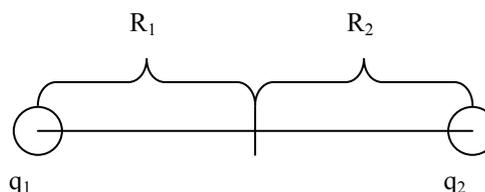
a) Datos:

$$q_1 = 10^{-8} \text{ C}$$

$$q_2 = -10^{-8} \text{ C}$$

$$R_1 = 3 \text{ m}$$

$$R_2 = 3 \text{ m}$$



$$V_1 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 10^{-8} \text{ C} / 3 \text{ m} = 30 \text{ V}$$

$$V_2 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times -10^{-8} \text{ C} / 3 \text{ m} = -30 \text{ V}$$

$$V = V_1 + V_2 = 30 \text{ V} - 30 \text{ V} = 0 \text{ V}$$

b) Datos:

$$q_1 = 10^{-8} \text{ C}$$

$$q_2 = 10^{-8} \text{ C}$$

$$R_1 = 3 \text{ m}$$

$$R_2 = 3 \text{ m}$$

$$V_1 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 10^{-8} \text{ C} / 3 \text{ m} = 30 \text{ V}$$

$$V_2 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 10^{-8} \text{ C} / 3 \text{ m} = 30 \text{ V}$$

$$V = V_1 + V_2 = 30 \text{ V} + 30 \text{ V} = 60 \text{ V}$$

c) Datos:

$$q_1 = 10^{-8} \text{ C}$$

$$q_2 = -10^{-9} \text{ C}$$

$$R_1 = 3 \text{ m}$$

$$R_2 = 3 \text{ m}$$

$$V_1 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 10^{-8} \text{ C} / 3 \text{ m} = 30 \text{ V}$$

$$V_2 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times -10^{-9} \text{ C} / 3 \text{ m} = -3 \text{ V}$$

$$V = V_1 + V_2 = 30 \text{ V} - 3 \text{ V} = 27 \text{ V}$$

22. Por simple fricción se puede producir una carga de  $10^{-8}$  C. ¿A qué potencial elevaría esa carga una esfera conductora de 10 cm de radio?

Datos:

$$q = 10^{-8} \text{ C}$$

$$R = 0,1 \text{ m}$$

$$V = kq/R$$

$$V = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{c}^2 \times 10^{-8} \text{ C} / 0,1 \text{ m} = 900 \text{ V}$$

23. Cuatro cargas de -8, 10, 5 y -3 stc, están ubicadas en los vértices de un cuadrado de lado 5 cm (en ese orden, partiendo del vértice superior izquierdo). Determine: a) el potencial en el punto medio del cuadrado, b) la energía almacenada en el sistema.

Datos:

$$q_1 = -8 \text{ stc} = -2,67 \times 10^{-9} \text{ C} \quad (1 \text{ stc} = 1/3 \times 10^9 \text{ C})$$

$$q_2 = 10 \text{ stc} = 3,33 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_3 = 5 \text{ stc} = 1,67 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_4 = -3 \text{ stc} = -10^{-9} \text{ C}$$

La distancia de cada carga al centro del cuadrado es la mitad de la diagonal del cuadrado:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 0,03536 \text{ m}$$

$$V_1 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{c}^2 \times -2,67 \times 10^{-9} \text{ C} / 0,03536 \text{ m} = -679,6 \text{ V}$$

$$V_2 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{c}^2 \times 3,33 \times 10^{-9} \text{ C} / 0,03536 \text{ m} = 847,6 \text{ V}$$

$$V_3 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{c}^2 \times 1,67 \times 10^{-9} \text{ C} / 0,03536 \text{ m} = 425,1 \text{ V}$$

$$V_4 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{c}^2 \times -10^{-9} \text{ C} / 0,03536 \text{ m} = -254,5 \text{ V}$$

$$V = -679,6 \text{ V} + 847,6 \text{ V} + 425,1 \text{ V} - 254,5 \text{ V} = 338,6 \text{ V}$$

24. El entrehierro entre electrodos en una bujía es de 0,06 cm. Para producir una chispa eléctrica en una mezcla de gasolina – aire, debe alcanzarse un campo eléctrico de  $3 \times 10^6$  V/m. Cuando se arranca el automóvil, ¿qué voltaje mínimo debe suministrar el circuito de encendido?

Datos:

$$d = 0,0006 \text{ m}$$

$$E = 3 \times 10^6 \text{ V/m}$$

$$W = Fd = qEd$$

$$W = qV$$

Entonces:  $V = Ed$

$$V = 3 \times 10^6 \text{ V/m} \times 0,0006 \text{ m} = 1.800 \text{ V}$$

25. ¿Qué cambio de energía potencial experimenta una carga de  $12 \mu\text{C}$  cuando se mueve entre dos puntos para los cuales la diferencia de potencial es de 65 V?. Exprese su respuesta en eV.

a) Calcule la velocidad de un protón que es acelerado desde el reposo a través de una diferencia de potencial de 120 V.

b) Calcule la velocidad de un electrón que se acelera a través de la misma diferencia de potencial.

a) Datos:

$$q = 12 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$V = 65 \text{ V}$$

Hay que expresar la carga en número de electrones (magnitud), eso se obtiene dividiendo la carga por la carga de un electrón.

$$q = 12 \times 10^{-6} \text{ C} / 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = 7,5 \times 10^{13} \text{ e}$$

Y, el cambio de energía corresponde al trabajo realizado.

$$W = qV = 7,5 \times 10^{13} \text{ e} \times 65 \text{ V} = 4,875 \text{ eV}$$

b) Datos:

$$q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$v_i = 0 \text{ m/s}$$

$$V = 120 \text{ V}$$

$$m = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$W = qV$$

$$W = K_f - K_i = K_f = mv_f^2/2$$

Entonces:

$$mv_f^2/2 = qV$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 120 \text{ V}}{1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}}} = 151.637,8 \text{ m/s}$$

c) Datos

$$q = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ (pero se considera solo su magnitud)}$$

$$m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 120 \text{ V}}{9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}}} = 6,5 \times 10^6 \text{ m/s}$$

26. ¿A través de qué diferencia de potencial se necesitaría acelerar un electrón para que alcanzara una velocidad equivalente al 40% de la velocidad de la luz, empezando desde el reposo?

Datos:

$$q = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ (solo se considera su magnitud)}$$

$$v_f = 40\% \text{ de } c = 1,2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$v_i = 0 \text{ m/s}$$

$$m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$qV = K_f - K_i = K_f = mv_f^2/2$$

$$V = mv_f^2/2q = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times (1,2 \times 10^8 \text{ m/s})^2 / (2 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) = 40.950 \text{ V}$$

27. Un deuterón (un núcleo que contiene un protón y un neutrón) se acelera mediante una diferencia de potencial de 2.700 V, a) ¿cuánta energía gana?, b) ¿a qué velocidad llega si parte del reposo?

Datos:

$$q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m = m_p + m_n = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} + 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} = 3,34 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$V = 2.700 \text{ V}$$

$$W = K_f - K_i = mv_f^2/2$$

$$W = qV$$

- a) La carga del protón equivale, en magnitud, a la del electrón, por lo tanto  $q_p = 1 \text{ e}$

$$W = qV = 1 \text{ e} \times 2.700 \text{ V} = 2.700 \text{ eV} = 2,7 \text{ keV}$$

b)  $mv_f^2/2 = qV$

$$v_f = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 2.700 \text{ V}}{3,34 \times 10^{-27} \text{ kg}}} = 508.608,5 \text{ m/s} = 5,1 \times 10^5 \text{ m/s}$$

28. Considere dos puntos de un campo eléctrico. El potencial en  $P_1$  es  $V_1 = -30$  V, y el potencial en  $P_2$  es  $V_2 = 150$  V. ¿Cuánto trabajo realiza una fuerza externa al mover una carga  $q = -4,7$   $\mu$ C de  $P_2$  a  $P_1$ .

Datos:

$$q = -4,7 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$V_1 = -30 \text{ V}$$

$$V_2 = 150 \text{ V}$$

$$W = q(V_1 - V_2) = -4,7 \times 10^{-6} \text{ C} \times (150 \text{ V} - (-30 \text{ V})) = -8,46 \times 10^{-4} \text{ J}$$

El que sea signo negativo, significa que el trabajo se hace en contra del campo eléctrico.

29. ¿Cuánto trabajo se realiza al mover un número de Avogadro de electrones a partir de un punto inicial donde el potencial eléctrico es 9 V hasta un punto donde el potencial es  $-5$  V. (El potencial en cada caso se mide en relación a un punto de referencia común). (1,35 MJ)

Datos:

$$q = 6,002 \times 10^{23} e = 96.032 \text{ C}$$

$$V_1 = 9 \text{ V}$$

$$V_2 = -5 \text{ V}$$

$$W = q(V_1 - V_2) = 96.032 \text{ C} \times (9 \text{ V} - (-5 \text{ V})) = 1,34 \times 10^6 \text{ J} = 1,34 \text{ MJ}$$

30. Dos placas paralelas están separadas por 0,3 mm. Si se mantiene una diferencia de potencial de 20 V entre sus placas, calcule la intensidad de campo eléctrico en la región entre ellas.

Datos:

$$d = 0,0003 \text{ m}$$

$$V = 20 \text{ V}$$

$$E = ?$$

$$W = Fd = qEd$$

$$W = qV$$

$$\text{Entonces: } V = Ed$$

$$E = V/d = 20 \text{ V} / 0,0003 \text{ m} = 66.667 \text{ V/m}$$

31. La magnitud de un campo eléctrico entre dos placas paralelas cargadas separadas por 1,8 cm es de  $2,4 \times 10^4$  N/C. Encuentre la diferencia de potencial entre las dos placas. ¿Cuánta energía cinética gana un deuterón al acelerarse de la placa positiva a la negativa? (432 V; 432 eV)

Datos:

$$E = 2,4 \times 10^4 \text{ N/C}$$

$$d = 0,018 \text{ m}$$

$$q_{\text{deuterón}} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$V = Ed = 2,4 \times 10^4 \text{ N/C} \times 0,018 \text{ m} = 432 \text{ V}$$

$$W = qV = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 432 \text{ V} = 6,91 \times 10^{-17} \text{ J} = 432 \text{ eV}$$

32. La intensidad del campo gravitacional del planeta Tehar es la misma que la correspondiente a la Tierra, pero en Tehar hay también un intenso campo eléctrico que apunta hacia abajo y que es uniforme cerca de la superficie del planeta. Una bola de 2 kg que tiene una carga de  $5$   $\mu$ C se lanza hacia arriba a 20,1 m/s y golpea el suelo después de 4,1 s. ¿Cuál es la diferencia de potencial entre el punto de inicio y el punto más alto de la trayectoria?

Datos:

$$m = 2 \text{ kg}$$

$$q = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$v_i = 20,1 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{subida y bajada}} = 4,1 \text{ s}$$

$$t_{\text{subida}} = 2,05 \text{ s}$$

Debido al campo gravitacional, Tehar atrae a la masa de 2 kg con una aceleración de gravedad de  $9,8 \text{ m/s}^2$  (dicen que es igual al de la Tierra), y debido a que el campo eléctrico que se dirige hacia el planeta Tehar, y como la carga del cuerpo es positiva, entonces le afecta una aceleración (repito, debido al campo eléctrico) hacia abajo, que se obtiene de  $F = qE = ma_E$ ,  $a_E = qE/m$ . Por lo tanto la aceleración resultante que afecta hacia abajo al cuerpo, sería:  $a = g + a_E$

Y como el objeto sube en solo 2,05 s, se tiene que

$$v_f = v_i + at$$

$a = (v_f - v_i)/t$ , y como  $v_f = 0 \text{ m/s}$  en la parte más alta del lanzamiento, se tiene:

$$a = (0 \text{ m/s} - 20,1 \text{ m/s}) / 2,05 \text{ s} = -9,805 \text{ m/s}^2$$

Y, la distancia que recorre hasta la parte más alta, es:

$$d = v_i t + at^2/2 = 20,1 \text{ m/s} \times 2,05 \text{ s} + (-9,805 \text{ m/s}^2) \times (2,05 \text{ s})^2/2 = 0,0205 \text{ m}$$

Entonces,  $a_E = -9,8 \text{ m/s}^2 - 9,8 \text{ m/s}^2 = -19,6 \text{ m/s}^2$ .

Y como  $V = Ed$ , se tiene que  $E = V/d$ , entonces  $a_E = qV/dm$

Considerando solo la magnitud de la aceleración,

$$V = a_E dm/q = 19,6 \text{ m/s}^2 \times 0,0205 \text{ m} \times 2 \text{ kg} / 5 \times 10^{-6} \text{ C} = 160.720 \text{ V}$$

33. Un electrón que se mueve paralelo al eje x tiene una velocidad inicial de  $3,7 \times 10^6 \text{ m/s}$  en el origen. Su velocidad se reduce a  $1,4 \times 10^5 \text{ m/s}$  en el punto  $x = 2 \text{ cm}$ . Calcule la diferencia de potencial entre el origen y este punto. ¿Cuál punto está a mayor potencial? (-38,9 V, el origen)

Datos:

$$q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C (solo la magnitud)}$$

$$v_{xi} = 3,7 \times 10^6 \text{ m/s}$$

$$v_{xf} = 1,4 \times 10^5 \text{ m/s}$$

$$x = d = 0,02 \text{ m}$$

$$m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$W = K_f - K_i = mv_f^2/2 - mv_i^2/2$$

$$W = qV$$

$$qV = mv_f^2/2 - mv_i^2/2$$

$$V = (mv_f^2/2 - mv_i^2/2)/q = m(v_f^2 - v_i^2)/2q$$

$$= 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg} \times ((1,4 \times 10^5 \text{ m/s})^2 - (3,7 \times 10^6 \text{ m/s})^2) / (2 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}) = -38,87 \text{ V}$$

Como disminuye su velocidad, significa que se dirige de la cercanía de una carga positiva a la cercanía de una carga negativa (aunque no sea así, es una buena forma de “ver” la situación”), por lo tanto el potencial en el origen es mayor que en  $x = 2 \text{ cm}$ .

34. Un positrón tiene la misma carga que un protón pero la misma masa que un electrón. Suponga que un positrón se mueve 5,2 cm en la dirección de un campo eléctrico uniforme de 480 V/m.  
A) ¿Cuánta energía potencial gana o pierde el positrón?, b) ¿Cuánta energía cinética?

a) Datos:

$$q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$d = 0,052 \text{ m}$$

$$E = 480 \text{ V/m}$$

$W = Fd = qEd = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 480 \text{ V/m} \times 0,052 \text{ m} = 3,99 \times 10^{-18} \text{ J}$  de pérdida de energía potencial, pues se mueve en la dirección del campo, aumentando su velocidad.

b) Por lo anterior, gana energía cinética, en la misma cantidad que “pierde” energía potencial.

35. ¿A qué distancia desde una carga puntual de  $8 \mu\text{C}$  el potencial eléctrico es igual a  $36.000 \text{ V}$ .

Datos:

$$q = 8 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$V = 36.000 \text{ V}$$

$$V = kq/R$$

$$R = kq/V = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 8 \times 10^{-6} \text{ C} / 36.000 \text{ V} = 2 \text{ m}$$

36. Un pequeño objeto esférico tiene una carga de  $8 \text{ nC}$ . ¿A qué distancia del centro del objeto el potencial es igual a  $100 \text{ V}$ ?, ¿ $50 \text{ V}$ ?, ¿ $25 \text{ V}$ ?, ¿el espaciamiento de las equipotenciales es proporcional al cambio de  $V$ ?

Datos:

$$q = 8 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$V_1 = 100 \text{ V}$$

$$V_2 = 50 \text{ V}$$

$$V_3 = 25 \text{ V}$$

$$V = kq/R$$

$$R = kq/V$$

$$R_1 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 8 \times 10^{-9} \text{ C} / 100 \text{ V} = 0,72 \text{ m}$$

$$R_2 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 8 \times 10^{-9} \text{ C} / 50 \text{ V} = 1,44 \text{ m}$$

$$R_3 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 8 \times 10^{-9} \text{ C} / 25 \text{ V} = 2,88 \text{ m}$$

No, es inversamente proporcional.

37. A una distancia  $r$  de una carga puntual  $q$ , el potencial eléctrico es  $400 \text{ V}$  y la magnitud del campo eléctrico es  $150 \text{ N/C}$ . Determine los valores de  $q$  y  $r$ .

Datos:

$$V = 400 \text{ V}$$

$$E = 150 \text{ N/C}$$

$$V = kq/R$$

$$E = kq/R^2$$

Entonces:  $V = ER$

$$R = V/E = 400 \text{ V} / 150 \text{ N/C} = 2,67 \text{ m}$$

Y, como  $V = kq/R$

$$q = VR/k = 400 \text{ V} \times 2,67 \text{ m} / 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 = 1,19 \times 10^{-7} \text{ C}$$

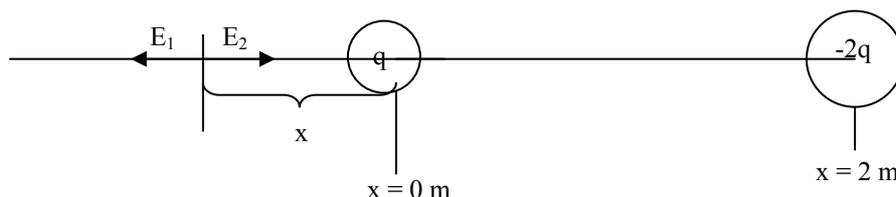
38. Una carga  $+q$  se encuentra en el origen. Una carga  $-2q$  está en  $x = 2 \text{ m}$  sobre el eje  $x$ . ¿Para qué valor(es) finito(s) de  $x$  es a) el campo eléctrico cero?, b) ¿el potencial eléctrico cero?

Se supondrá que el punto a encontrar se encuentra en la línea que pasa por las dos cargas.

a)

$$q_1 = q$$

$$q_2 = -2q$$



$$|E_1| = |E_2|$$

$$kq_1/x^2 = kq_2/(x + 2 \text{ m})^2$$

$$q/x^2 = 2q/(x + 2 \text{ m})^2$$

$$1/x^2 = 2/(x + 2 \text{ m})^2$$

$$1/x = \sqrt{2} / (x + 2 \text{ m})$$

$$x + 2 \text{ m} = \sqrt{2} x$$

$$x(1 - \sqrt{2}) = -2 \text{ m}$$

$$x = 4,8 \text{ m}$$

Es decir, el punto donde el campo eléctrico es nulo, es aproximadamente a 4,8 metros a la izquierda de la carga q.

b)

$$V_1 + V_2 = 0 \text{ V}$$

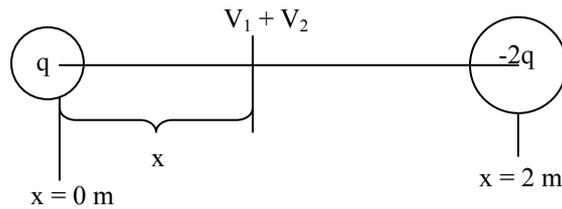
$$kq_1/x + kq_2/(2 \text{ m} - x) = 0$$

$$kq(2 \text{ m} - x) + k(-2q)x = 0$$

$$2kq \text{ m} - kqx - 2kqx = 0$$

$$3kqx = 2kq \text{ m}$$

$$x = 2 \text{ m} / 3 = 0,67 \text{ m}$$



Es decir, el potencial eléctrico es nulo aproximadamente a 0,67 metros a la derecha de la carga q.

39. Tres cargas están en los vértices de un triángulo isósceles, en los vértices de la base de 2 cm hay sendas cargas  $-q$  y en el otro vértice hay una carga  $q$ , los lados basales miden 4 cm. Calcule el potencial en el punto medio de la base, considerando  $q = 7 \mu\text{C}$ . (-11 MV)

Datos:

$$q = 7 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$R_1 = 0,01 \text{ m}$$

$$R_2 = 0,0387 \text{ m}$$

$$R_3 = 0,01 \text{ m}$$

$$h = R_2 = \frac{\sqrt{(0,04\text{m})^2 - (0,01\text{m})^2}}{2}$$

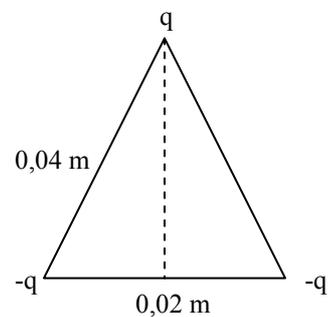
$$= 0,0387 \text{ m}$$

$$V = kq/R$$

$$V_1 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 7 \times 10^{-6} \text{ C} / 0,01 \text{ m} = -6,3 \times 10^6 \text{ V}$$

$$V_2 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 7 \times 10^{-6} \text{ C} / 0,0387 \text{ m} = 1,63 \times 10^6 \text{ V}$$

$$V_3 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 7 \times 10^{-6} \text{ C} / 0,01 \text{ m} = -6,3 \times 10^6 \text{ V}$$



$$V = V_1 + V_2 + V_3 = -6,3 \times 10^6 \text{ V} + 1,63 \times 10^6 \text{ V} - 6,3 \times 10^6 \text{ V} = -10,97 \times 10^6 \text{ V} = -11 \text{ MV}$$

40. En los famosos experimentos de dispersión de Rutherford que llevaron al modelo planetario del átomo, las partículas alfa (carga  $+2e$ , masa  $= 6,6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ) se dispararon contra núcleos de oro (carga  $+79e$ ). Una partícula alfa inicialmente muy alejada del núcleo de oro se dispara a  $2 \times 10^7 \text{ m/s}$  directamente hacia el centro del núcleo. ¿Qué tanto se acerca la partícula a este centro antes de regresarse?

Datos:

$$q_\alpha = 2p = 3,2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

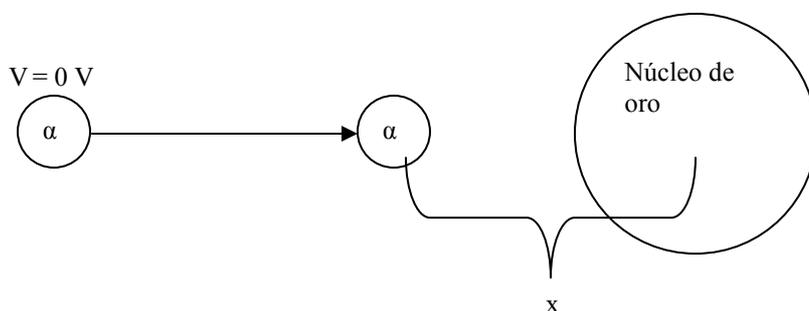
$$m_\alpha = 6,6 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$q_{\text{oro}} = 79p = 1,264 \times 10^{-17} \text{ C}$$

Si una partícula alfa se dispara contra el núcleo de oro, y tanto la partícula como el núcleo tienen carga positiva, la velocidad irá disminuyendo hasta que se detendrá y empezará el camino de retorno.

$$v_i = 2 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$v_f = 0 \text{ m/s}$$



La partícula alfa, al venir de muy lejos, se encuentra en un lugar donde el potencial eléctrico es nulo. Luego se acerca al núcleo, disminuyendo su velocidad, como ya se dijo, hasta una distancia  $x$  al centro del núcleo de oro. En ese lugar hay un potencial eléctrico  $V = kq_{\text{oro}}/x$ . Entonces, la partícula alfa se mueve entre dos potenciales, de  $0 \text{ V}$  a  $kq_{\text{oro}}/x$ .

$$W = q_{\alpha}(V_1 - V_2) = -qV_2$$

$$W = K_f - K_i = -K_i$$

$$-q_{\alpha}V_2 = -K_i$$

$$q_{\alpha}kq_{\text{oro}}/x = mv_i^2/2$$

$$x = 2kq_{\alpha}q_{\text{oro}}/m = 2 \times 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 3,2 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1,264 \times 10^{-17} \text{ C} / 6,6 \times 10^{-27} \text{ kg} = 11,03 \text{ m}$$

41. Dos cargas  $q_1$  de  $5 \text{ nC}$  y  $q_2$  de  $-3 \text{ nC}$ , están separadas  $35 \text{ cm}$ . a) ¿Cuál es la energía potencial del par? ¿Cuál es la importancia del signo algebraico de su respuesta? B) ¿Cuál es el potencial eléctrico en un punto a la mitad entre las cargas?

Datos:

$$q_1 = 5 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$q_2 = -3 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$R = 0,35 \text{ m}$$

- a)  $U = kq_1q_2/R = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 5 \times 10^{-9} \text{ C} \times -3 \times 10^{-9} \text{ C} / 0,35 \text{ m} = -3,86 \times 10^{-7} \text{ J}$   
El signo negativo significa que el sistema es un sistema atractivo.

- b) Datos:

$$R_1 = 0,175 \text{ m}$$

$$R_2 = 0,175 \text{ m}$$

$$V = kq/R$$

$$V_1 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times 5 \times 10^{-9} \text{ C} / 0,175 \text{ m} = 257 \text{ V}$$

$$V_2 = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2 \times -3 \times 10^{-9} \text{ C} / 0,175 \text{ m} = -154 \text{ V}$$

$$V = V_1 + V_2 = 257 \text{ V} - 154 \text{ V} = 103 \text{ V}$$

42. Un electrón parte desde el reposo a  $3 \text{ cm}$  del centro de una esfera aislante cargada de manera uniforme de  $2 \text{ cm}$  de radio y carga total de  $1 \text{ nC}$ . ¿Cuál es la velocidad del electrón cuando llega a la superficie de la esfera?

Datos:

$$q_0 = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$R_1 = 0,03 \text{ m}$$

$$R_2 = 0,02 \text{ m}$$

$$q = 10^{-9} \text{ C}$$

$$v_i = 0 \text{ m/s}$$

La carga  $q_0$  (el electrón) parte del reposo desde un potencial  $V_1 = kq/R_1$  hasta un potencial  $V_2 = kq/R_2$ . Por lo que se hace un trabajo en contra del campo eléctrico y aumenta la energía cinética del electrón.

$$W = q_0(V_1 - V_2) = q_0(kq/R_1 - kq/R_2) = kqq_0(1/R_1 - 1/R_2)$$

$$W = K_f - K_i = K_f = mv_f^2/2$$

$$mv_f^2/2 = kqq_0(1/R_1 - 1/R_2)$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2kqq_0\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2 \times -1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 10^{-9} \text{ C} \left(\frac{1}{0,03\text{m}} - \frac{1}{0,02\text{m}}\right)}{9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}}}$$

$$v_f = 7,26 \times 10^6 \text{ m/s}$$