Problemas: CAMPO ELÉCTRICO

1.- Dos cargas puntuales iguales, de $-1{,}2\ 10^{-6}$ C cada una, están situadas en los puntos A (0,8) m y B (6,0) m. Una tercera carga, de $-1{,}5\ 10^{-6}$ C, se sitúa en el punto P (3,4) m.

a) Representa en un esquema las fuerzas que se ejercen entre las cargas y calcula la resultante sobre la tercera carga.

b) Calcula la energía potencial de dicha carga.

S.: a) F=0 N; b) $E_p=6{,}48\cdot 10^{-3}$ *J.*

2.- Dos cargas positivas e iguales (+Q) se encuentran sobre el eje X. Una de ellas está en x= -a y la otra en x= +a. Calcula la intensidad del campo eléctrico, E, y el potencial electrostático V, en el origen de coordenadas. Si, además de las anteriores, se coloca una tercera carga de valor –2Q en x= -2a, ¿cuáles serán los nuevos valores de E y V?

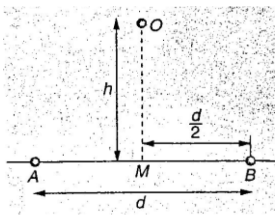
S.: a) E=0, V=2KQ/a V; b) $E=-KQ/2a^2 i$, *V=KQ/a V.*

3.- Dos cargas puntuales positivas e iguales, de valor q=3µC y de masa m=5 10^{-3} kg se fijan en los puntos A y B respectivamente, a una distancia d=6 cm. Desde el punto O, situado a una altura h= 4 cm, se lanza verticalmente hacia el punto medio del segmento AB una tercera carga Q= 1 µC, de masa igual a las anteriores, m.

a) Si al llegar al punto M la velocidad de la partícula es cero, ¿con qué velocidad inicial v_o fue lanzada desde O?

b) Si cuando llega la tercera partícula a M con velocidad cero, se liberan simultáneamente las cargas situadas en A y B y la superficie es completamente lisa, describe el movimiento de las tres cargas. ¿Cuál sería la velocidad final de cada una de ellas pasado un tiempo muy largo?

S.: a) $v_o=16{,}97$ *m/s*



4.- Una pequeña esfera de 0,2 g de masa pende de un hilo entre dos láminas paralelas verticales separadas 8 cm. La esfera tiene una carga de 5 10^{-9} C y el hilo forma un ángulo de 30º con la vertical.

a) Realiza un diagrama con las fuerzas que actúan sobre la esfera.

b) ¿Qué campo eléctrico actúa sobre la esfera?

c) ¿Cuál es la diferencia de potencial entre las láminas?

S.: b) $E=2{,}26\cdot 10^{5}$ *N/C; c)* $V_A-V_B=1{,}81\cdot 10^{4}$ *V*

5.- Una bola de 0,2 g de masa y con una carga de 5 10^{-6} C está suspendida por un hilo en el interior de un campo eléctrico de intensidad E= -200 k N/C. Determina la tensión del hilo en los siguientes casos:

a) Si la carga es positiva.

b) Si la carga es negativa.

c) Si pierde la carga.

S.: a) $T= 2{,}96\cdot 10^{-3}$ *N; b)* $T=0{,}96\cdot 10^{-3}$ *N; c)* $T= 1{,}96\cdot 10^{-3}$ *N*

6.- Dadas dos cargas eléctricas, q_1= 100 µC situada en A (-3,0) y q_2= 50 µC situada en B (3,0) (las coordenadas están expresadas en metros), calcula:

a) El campo eléctrico y el potencial en el punto O (0.0).

b) El trabajo que hay que realizar para trasladar una carga de – 2C desde el infinito hasta O.

S.: a) $E=0{,}5\cdot 10^{5}$ *N/C,* $V_o=4{,}5\cdot 10^{5}$ *V; b)* $W=9\cdot 10^{5}$ *J*

7.- En el átomo de hidrógeno, el electrón se encuentra sometido al campo eléctrico y gravitatorio creado por el protón.

a) Dibuja las líneas del campo creado por el protón así como las superficies equipotenciales.

b) Calcula la fuerza electrostática con que se atraen ambas partículas y compárala con la fuerza gravitatoria entre ellas, suponiendo que ambas partículas están separadas una distancia de 5,2 10^{-11} m.

c) Calcula el trabajo realizado por el campo eléctrico para llevar el electrón desde un punto P_1, situado a 5,2 10^{-11} m del núcleo, a otro punto P_2, situado a 8 10^{-11} m del núcleo. Comenta el signo del trabajo.

Datos: $m_e=9{,}1\ 10^{-31}$ *kg;* $m_p= 1{,}7\ 10^{-27}$ *kg;* $q_e=-1{,}6\ 10^{-19}$ *C;* $q_p=1{,}6\ 10^{-19}$ *C*

S.: b) $F=3{,}83\cdot 10^{-47}$ *C; c)* $-1{,}55\cdot 10^{-18}$ *J*

8.- Se tienen 3 cargas situadas en los vértices de un triángulo equilátero cuyas coordenadas (en cm) son: A (0,2), B (-√3, -1), C (√3, -1)

Sabiendo que las cargas situadas en los puntos B y C son idénticas e iguales a 2 μC y que el campo eléctrico en el origen de coordenadas (centro del triángulo) es nulo, determina:

a) El valor y el signo de la carga situada en el punto A.

b) El potencial en el origen de coordenadas.

S.: a) Q=2 μC; b) $V_O=2{,}7\cdot 10^{6}$ *V*

9.- En una región del espacio existe un campo eléctrico uniforme dirigido a lo largo del eje X. Si trasladamos una carga q= +0,5 C desde un punto del eje cuyo potencial es 10 V a otro punto situado 10 cm a su derecha, el trabajo realizado por la fuerza eléctrica es W= -100 J.

a) ¿Cuánto vale el potencial eléctrico en el segundo punto?

b) ¿Cuánto vale el campo eléctrico en dicha región?

c) ¿Qué significado físico tiene el trabajo que realiza la fuerza eléctrica sea negativo?

S.: a) $V_2=210$ *V; b) E=-2000 i N/C*

10.- Dos esferas conductoras aisladas y suficientemente alejadas entre sí, de 6 y 10 cm de radio, están cargadas cada una con una carga de 5 10^{-8} C. Las esferas se ponen en contacto mediante un hilo conductor y se alcanza una situación de equilibrio. Calcula el potencial al que se encuentra cada una de las esferas, antes y después de ponerlas en contacto, y la carga de cada esfera cuando se establece el equilibrio.

S.: a) $V_1=4{,}5\cdot 10^{3}$ *V,* $V_2=7{,}5\cdot 10^{3}$ *V; b)* $V=5{,}62\cdot 10^{3}$ *V; c)* $Q_1=6{,}25\cdot 10^{-8}$ *C,* $Q_2=3{,}75\cdot 10^{-8}$ *C.*

11.- ¿Qué velocidad alcanzará una carga de 10^{-6} C con una masa de 2 10^{-18} kg al desplazarse, partiendo del reposo, entre dos puntos donde existe una diferencia de potencial de 100 V?

S.: $v=\cdot 10^{7}$ *m/s*

12.- Un electrón, inicialmente en reposo, se pone en movimiento mediante la aplicación de un campo eléctrico uniforme. ¿Se desplazará hacia las regiones de mayor potencial electrostático o hacia las de menor? ¿Qué ocurrirá si consideramos un protón?

13.- Se disponen cuatro cargas en los vértices de un cuadrado centrado en el origen como se indica a continuación: q en (-a, a), 2q en (a, a), -3q en (a,-a) y 6q en (-a, -a). Calcula:

a) El campo eléctrico en el origen.

b) El potencial en el origen.

c) Se sitúa una quinta carga +q en el origen y se libera desde el reposo. Calcula la velocidad cuando se encuentre a una gran distancia desde el origen.

S.: $a)\ 2\sqrt{2}\ k\dfrac{q}{a^2}\vec{i}\ \ \dfrac{N}{C};\ \ b)\ 3\sqrt{2}\ k\dfrac{q}{a}\ V;\ \ c)\ v=\sqrt{\dfrac{6\sqrt{2}\ k\ q^2}{m\cdot a}}\ \dfrac{m}{s}$

1.- Dos cargas puntuales iguales, de –1,2 10^{-6} C cada una, están situadas en los puntos A (0,8) m y B (6,0) m. Una tercera carga, de –1,5 10^{-6} C, se sitúa en el punto P (3,4) m.

a) Representa en un esquema las fuerzas que se ejercen entre las cargas y calcula la resultante sobre la tercera carga.

b) Calcula la energía potencial de dicha carga.

a)

$$F_{AP} = k\frac{qq'}{{r_{AP}}^2} = \frac{9\cdot 10^9\cdot 1,2\cdot 10^{-6}\cdot 1,5\cdot 10^{-6}}{5^2} = 6,48\cdot 10^{-4}\ N$$

$$\left.\begin{array}{l} F_{AP_x} = F_{AP}\cdot sen\alpha = 6,48\cdot 10^{-4}\cdot\dfrac{3}{5} \\ F_{AP_y} = F_{AP}\cdot\cos\alpha = 6,48\cdot 10^{-4}\cdot\dfrac{4}{5}\end{array}\right\}\Rightarrow \vec{F}_{AP} = 6,48\cdot 10^{-4}\cdot\frac{3}{5}\ \vec{i} - 6,48\cdot 10^{-4}\cdot\frac{4}{5}\ \vec{j} =$$

$$\vec{F}_{AP} = 3,89\cdot 10^{-4}\ \vec{i} - 5,18\cdot 10^{-4}\cdot\frac{4}{5}\ \vec{j}\ N$$

$$F_{BP} = k\frac{qq'}{{r_{AP}}^2} = \frac{9\cdot 10^9\cdot 1,2\cdot 10^{-6}\cdot 1,5\cdot 10^{-6}}{5^2} = 6,48\cdot 10^{-4}\ N$$

$$\left.\begin{array}{l} F_{BP_x} = F_{BP}\cdot sen\alpha = 6,48\cdot 10^{-4}\cdot\dfrac{3}{5} \\ F_{BP_y} = F_{BP}\cdot\cos\alpha = 6,48\cdot 10^{-4}\cdot\dfrac{4}{5}\end{array}\right\}\Rightarrow \vec{F}_{BP} = -6,48\cdot 10^{-4}\cdot\frac{3}{5}\ \vec{i} + 6,48\cdot 10^{-4}\cdot\frac{4}{5}\ \vec{j} =$$

$$\vec{F}_{BP} = -3,89\cdot 10^{-4}\ \vec{i} + 5,18\cdot 10^{-4}\cdot\frac{4}{5}\ \vec{j}\ N$$

$$\vec{F}_B = \vec{F}_{AP} + \vec{F}_{BP} = (3,89\cdot 10^{-4}\ \vec{i} - 5,18\cdot 10^{-4}\cdot\frac{4}{5}\ \vec{j}) + (-3,89\cdot 10^{-4}\ \vec{i} + 5,18\cdot 10^{-4}\cdot\frac{4}{5}\ \vec{j}) = 0\ N$$

b)

$$V_P = V_{AP} + V_{BP} = k\frac{q}{r_{AP}} + k\frac{q}{r_{BP}} = 9\cdot 10^9\cdot\ -1,2\cdot 10^{-6}\ \cdot\left(\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right) = -4320\ V$$

$$Ep_P = q'\cdot V_P =\ -1,2\cdot 10^{-6}\ \cdot\ -4320\ = 6,48\cdot 10^{-3}\ J$$

2.- Dos cargas positivas e iguales (+Q) se encuentran sobre el eje X. Una de ellas está en x= -a y la otra en x= +a. Calcula la intensidad del campo eléctrico, E, y el potencial electrostático V, en el origen de coordenadas. Si, además de las anteriores, se coloca una tercera carga de valor –2Q en x= -2a, ¿cuáles serán los nuevos valores de E y V?

A)

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = -k\frac{Q}{a^2}\vec{i} + k\frac{Q}{a^2}\vec{i} = 0\ \ \frac{N}{C}$$

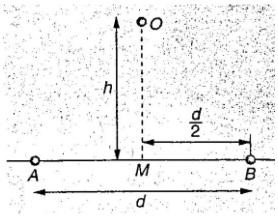
$$V_T = V_1 + V_2 = k\frac{Q}{a} + k\frac{Q}{a} = 2k\frac{Q}{a}\ V$$

B)

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_2 = (-E_1 - E_3 + E_2)\ \vec{i} = \left(-k\frac{Q}{a^2} - k\frac{2Q}{4a^2} + k\frac{Q}{a^2}\right)\ \vec{i} = -k\frac{Q}{2a^2}\ \vec{i}\ \ \frac{N}{C}$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = k\frac{Q}{a} + k\frac{Q}{a} - k\frac{2Q}{2a} = k\frac{Q}{a}\ V$$

3.- Dos cargas puntuales positivas e iguales, de valor q=3μC y de masa m=5 10^{-3} kg se fijan en los puntos A y B respectivamente, a una distancia d=6 cm. Desde el punto O, situado a una altura h= 4 cm, se lanza verticalmente hacia el punto medio del segmento AB una tercera carga Q= 1 μC, de masa igual a las anteriores, m. a) Si al llegar al punto M la velocidad de la partícula es cero, ¿con qué velocidad inicial v_o fue lanzada desde O? b) Si cuando llega la tercera partícula a M con velocidad cero, se liberan simultáneamente las cargas situadas en A y B y la superficie es completamente lisa, describe el movimiento de las tres cargas. ¿Cuál sería la velocidad final de cada una de ellas pasado un tiempo muy largo?



a) Por el principio de conservación de la energía mecánica:

$$E_{p,O} + E_{c,O} = E_{p,M} + E_{c,M}$$

$$r_{A,O}{}^2 = r_{B,O}{}^2 = h^2 + (d/2)^2 = 4^2 + 3^2 = 25\ cm \Rightarrow r_{A,O} = r_{B,O} = 5\ cm = 0,05\ m$$

$$E_{p,O} = q' \cdot V_O = q' \cdot\ V_{A,O} + V_{B,O}\ = q' \cdot \left(k\frac{q}{r_{A,O}} + k\frac{q}{r_{B,O}} \right) = q' \cdot 2k\frac{q}{r_{A,O}}$$

$$E_{p,O} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 9 \cdot 10^{9}\frac{3 \cdot 10^{-6}}{0,05} = 1,08\ J$$

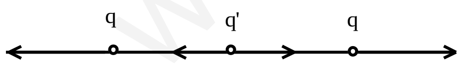
$$E_{p,M} = q' \cdot V_M = q' \cdot\ V_{A,M} + V_{B,M}\ = q' \cdot \left(k\frac{q}{r_{A,M}} + k\frac{q}{r_{B,M}} \right) = q' \cdot 2k\frac{q}{r_{A,M}}$$

$$E_{p,M} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 9 \cdot 10^{9}\frac{3 \cdot 10^{-6}}{0,03} = 1,8\ J$$

$$E_{p,O} + E_{c,O} = E_{p,M} + E_{c,M} \Rightarrow 1,08\ J + \frac{1}{2} m v_O{}^2 = 1,8\ J + 0$$

$$v_O = \sqrt{\frac{2 \cdot (1,8 - 1,08)}{5 \cdot 10^{-3}}} = 16,97\frac{m}{s}$$

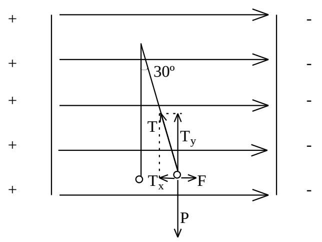
b) Sobre la carga en M no actúa ninguna fuerza y permanecerá con velocidad cero, es decir, en reposo.
Sobre A y B actúan fuerzas iguales en módulo y dirección y sentido contrario. A medida que aumenta la distancia entre ellas el módulo de la fuerza disminuye. El movimiento de las cargas A y B es acelerado. Al cabo de un tiempo muy grande la velocidad de las cargas será muy grande.



4.- Una pequeña esfera de 0,2 g de masa pende de un hilo entre dos láminas paralelas verticales separadas 8 cm. La esfera tiene una carga de 5 10^{-9} C y el hilo forma un ángulo de 30º con la vertical.

a) Realiza un diagrama con las fuerzas que actúan sobre la esfera.
b) ¿Qué campo eléctrico actúa sobre la esfera?
c) ¿Cuál es la diferencia de potencial entre las láminas?

a) Sobre la carga positiva actúa una fuerza eléctrica $\vec{F} = Q\vec{E}$, (cuya dirección y sentido coincide con la del campo eléctrico porque la carga es positiva); actúa el peso (fuerza con que la Tierra atrae a la esfera) y la tensión (fuerza que ejerce el hilo sobre la esfera).



$b)$

$$\left.\begin{array}{l} T_x = F_e \\ T_y = P \end{array}\right\} \Rightarrow \left.\begin{array}{l} Tsen30^{\circ} = qE \\ T\cos 30^{\circ} = mg \end{array}\right\} \Rightarrow tg30^{\circ} = \frac{qE}{mg} \Rightarrow E = \frac{mgtg30^{\circ}}{q}$$

$$E = \frac{0,0002\ kg \cdot 9,8\ m/s^2 \cdot\ tg30^{\circ}}{5 \cdot 10^{-9}\ C} = 2,26 \cdot 10^5\ C$$

$$c)\ V_A - V_B = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} = E\int_A^B d\vec{r} = E \cdot d = 2,26 \cdot 10^5\ \frac{N}{C} \cdot 0,08\ m = 1,81 \times 10^4\ V$$

$$V_B - V_A = -1,81 \times 10^4\ V$$

Una carga positiva se mueve de mayor a menor potencial.

5.- Una bola de 0,2 g de masa y con una carga de 5 10^{-6} C está suspendida por un hilo en el interior de un campo eléctrico de intensidad E= -200 k N/C. Determina la tensión del hilo en los siguientes casos:
a) Si la carga es positiva. b) Si la carga es negativa. c) Si pierde la carga.

$a)$ *Si* $q > 0$ *actúa una fuerza eléctrica en el sentido del campo* $\vec{E}$:

$$T = P + F_e = mg + qE = 0,0002\ kg \cdot 9,8\ m/s^2 + 5 \cdot 10^{-6} C \cdot 200\ N/C$$

$$T = 2,96 \cdot 10^{-3}\ N \Rightarrow \vec{T} = 2,96 \cdot 10^{-3}\ \vec{k}\ N$$

$b)$ *Si* $q < 0$ *actúa una fuerza eléctrica en sentido contrario a* $\vec{E}$:

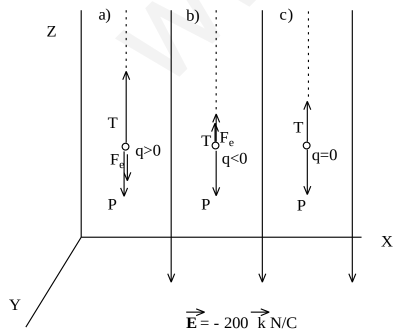
$$T = P - F_e = mg - qE = 0,0002\ kg \cdot 9,8\ m/s^2 - 5 \cdot 10^{-6} C \cdot 200\ N/C$$

$$T = 2,96 \cdot 10^{-3}\ N \Rightarrow \vec{T} = 0,96 \cdot 10^{-3}\ \vec{k}\ N$$

$c)$ *Si q es cero no actúa una fuerza eléctrica*:

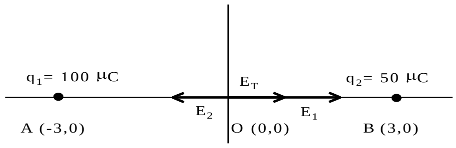
$$T = P \Rightarrow T = mg = 0,0002\ kg \cdot 9,8\ m/s^2 = 1,96 \cdot 10^{-3}\ N$$

$$\vec{T} = 1,96 \cdot 10^{-3}\ \vec{k}\ N$$



6.- Dadas dos cargas eléctricas, q_1= 100 µC situada en A (-3,0) y q_2= 50 µC situada en B (3,0) (las coordenadas están expresadas en metros), calcula:

a) El campo eléctrico y el potencial en el punto O (0.0).
b) El trabajo que hay que realizar para trasladar una carga de – 2C desde el infinito hasta O.



$$a)\ E_1 = k\frac{q_1}{r_1^{\,2}} = 9\cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{100\cdot 10^{-6}C}{3^2 m^2} = 1\cdot 10^5\,\frac{N}{C}$$

$$E_2 = k\frac{q_2}{r_2^{\,2}} = 9\cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{50\cdot 10^{-6}C}{3^2 m^2} = 0,5\cdot 10^5\,\frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 1\cdot 10^5\vec{i} - 0,5\cdot 10^5\,\vec{j} = 0,5\cdot 10^5\vec{i}\,\frac{N}{C}$$

$$V_O = V_{A,O} + V_{B,O} = k\frac{q_1}{r_1} + k\frac{q_2}{r_2} = 9\cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot\left(\frac{100\cdot 10^{-6}C}{3\ m} + \frac{50\cdot 10^{-6}C}{3\ m}\right)$$

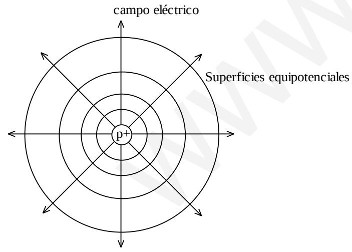
$$V_O = 4,5\cdot 10^5\ V$$

$$b)\ W_{campo\ \infty\to O} = q'\cdot(V_\infty - V_O) = -2C\cdot(0 - 4,5\cdot 10^5\ V) = 9\cdot 10^5\,J$$

El trabajo que realiza el campo para trasladar una carga negativa desde el infinito al punto O (0,0) es positivo, es decir, la carga se desplaza por acción de las fuerzas del campo eléctrico.

7.- En el átomo de hidrógeno, el electrón se encuentra sometido al campo eléctrico y gravitatorio creado por el protón. A) Dibuja las líneas del campo creado por el protón así como las superficies equipotenciales. B) Calcula la fuerza electrostática con que se atraen ambas partículas y compárala con la fuerza gravitatoria entre ellas, suponiendo que ambas partículas están separadas una distancia de 5,2 10^{-11} m. c) Calcula el trabajo realizado por el campo eléctrico para llevar el electrón desde un punto P_1, situado a 5,2 10^{-11} m del núcleo, a otro punto P_2, situado a 8 10^{-11} m del núcleo. Comenta el signo del trabajo.

a) Las líneas de fuerza del campo eléctrico creado por una carga positiva (protón) son abiertas y radiales y salen de la carga positiva.
Las superficies equipotenciales son perpendiculares a las líneas de campo en cualquier punto. Una superficie equipotencial tiene el mismo potencial en todos sus puntos.



$$\vec{F}_{elec} = k\frac{q_p q_e}{r^2}\vec{u} \Rightarrow F_{elec} = 9\cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\,\frac{\left(1,6\cdot 10^{-19}\right)^2 C^2}{\left(5,2\cdot 10^{-11}\right)^2 m^2} = 8,52\cdot 10^{-8}N$$

$$\vec{F}_{grav} = -G\frac{m_p m_e}{r^2}\vec{u} \Rightarrow F_{grav} = 6,67\cdot 10^{-11}\,\frac{Nm^2}{kg^2}\,\frac{9,1\cdot 10^{-31}\cdot 1,7\cdot 10^{-27}kg^2}{\left(5,2\cdot 10^{-11}\right)^2 m^2}$$

$$F_{grav} = 3,83\cdot 10^{-47}N \Rightarrow F_{grav} << F_{elec}$$

c)

$$W_{campo\ P_1\rightarrow P_2} = q_e \cdot (V_1 - V_2) = -1,6\cdot 10^{-19} C \cdot (27,7-18) = -1,55\cdot 10^{-18}\, J$$

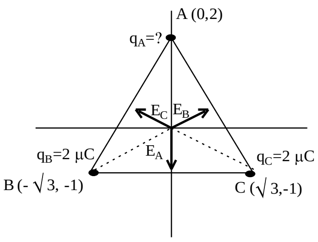
$$V_1 = k\cdot \frac{q_p}{r_1} = 9\cdot 10^9 C \cdot \frac{1,6\cdot 10^{-19} C}{5,2\cdot 10^{-11} m} = 27,7\ V$$

$$V_2 = k\cdot \frac{q_p}{r_2} = 9\cdot 10^9 C \cdot \frac{1,6\cdot 10^{-19} C}{8\cdot 10^{-11} m} = 18\ V$$

Si el trabajo que realiza el campo eléctrico es negativo es porque hay que aplicar una fuerza externa para trasladar el electrón desde el punto P_1 al P_2 y dicho trabajo sirve para aumentar la energía potencial del electrón.

8.- Se tienen 3 cargas situadas en los vértices de un triángulo equilátero cuyas coordenadas (en cm) son: A (0,2), B (-√3, -1), C (√3, -1)
Sabiendo que las cargas situadas en los puntos B y C son idénticas e iguales a 2 μC y que el campo eléctrico en el origen de coordenadas (centro del triángulo) es nulo, determina:

a) El valor y el signo de la carga situada en el punto A.
b) El potencial en el origen de coordenadas.



$$a)\ E_A = k\frac{q_A}{r_A{}^2} = 9\cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{q_A}{0,02^{\ 2}\ m^2}$$

$$E_B = E_C = k\frac{q}{r^2} = 9\cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{2\cdot 10^{-6} C}{0,02^{\ 2}\ m^2} = 4,5\cdot 10^7\,\frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_A = -2,25\cdot 10^{13}\cdot q_A \vec{j}\ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_B = 4,5\cdot 10^7 \cos 30^{o}\,\vec{i} + 4,5\cdot 10^7 sen 30^{o}\,\vec{j}\ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_C = -4,5\cdot 10^7 \cos 30^{o}\,\vec{i} + 4,5\cdot 10^7 sen 30^{o}\,\vec{j}\ \frac{N}{C}$$

$$\vec{E}_T = 9\cdot 10^7 sen 30^{o}\,\vec{j} - 2,25\cdot 10^{13}\cdot q_A\,\vec{j} = 0 \Rightarrow q_A = 2\cdot 10^{-6} C = 2\mu C$$

$$b)\ V_O = V_{AO} + V_{BO} + V_{CO} = k\frac{q_A}{r_A} + k\frac{q_B}{r_B} + k\frac{q_C}{r_C} = 9\cdot 10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{2\cdot 10^{-6} C}{0,02\ m}\cdot 3 =$$

$$V_O = 2,7\cdot 10^6\ V$$

9.- En una región del espacio existe un campo eléctrico uniforme dirigido a lo largo del eje X. Si trasladamos una carga q= +0,5 C desde un punto del eje cuyo potencial es 10 V a otro punto situado 10 cm a su derecha, el trabajo realizado por la fuerza eléctrica es W= -100 J.

a) ¿Cuánto vale el potencial eléctrico en el segundo punto?
b) ¿Cuánto vale el campo eléctrico en dicha región?
c) ¿Qué significado físico tiene el trabajo que realiza la fuerza eléctrica sea negativo?

$$a)\ W_{A\to B} = q'\cdot(V_A - V_B) = \text{-}100J = 0{,}5\ C\cdot(V_A - V_B) \Rightarrow (V_A - V_B) = \text{-}200\ V$$

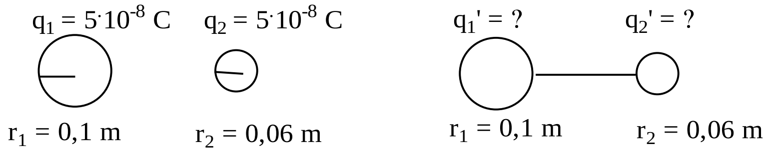
$$V_B = V_A + 200 = 10 + 200 = 210\ V$$

$$b)\ V_A \text{-} V_B = Ed \Rightarrow E = \frac{V_A \text{-} V_B}{d} = \frac{\text{-}200\ V}{0{,}1\ m} = \text{-}2000\ \frac{N}{C} \Rightarrow \vec{E} = \text{-}2000\ \vec{i}\ \frac{N}{C}$$

c) $W<0$; $W=-\Delta Ep=-100$ J; $\Delta Ep=Ep_B-Ep_A=100$ J
$Ep_B>Ep_{A;}$ $V_B>V_A$

Las cargas positivas se mueven espontáneamente de mayor a menor potencial. En este caso, trasladamos la carga de menor a mayor potencial y para trasladar la carga hay que realizar un trabajo en contra de las fuerzas del campo eléctrico, W_{Fext}=100 J.

10.- Dos esferas conductoras aisladas y suficientemente alejadas entre sí, de 6 y 10 cm de radio, están cargadas cada una con una carga de 5 10^{-8} C. Las esferas se ponen en contacto mediante un hilo conductor y se alcanza una situación de equilibrio. Calcula el potencial al que se encuentra cada una de las esferas, antes y después de ponerlas en contacto, y la carga de cada esfera cuando se establece el equilibrio.



$$V_1 = k\frac{q_1}{r_1} = 9\cdot10^9\ \frac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{5\cdot10^{-8}C}{0{,}1\ m} = 4{,}5\cdot10^3V$$

$$V_2 = k\frac{q_2}{r_2} = 9\cdot10^9\ \frac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{5\cdot10^{-8}C}{0{,}06\ m} = 7{,}5\cdot10^3V$$

Cuando se ponen en contacto las dos esferas pasa carga de la esfera de mayor potencial a la de menor hasta que se igualan los potenciales. $V_1'=V_2'=V_{final}$

Por el principio de conservación de la carga se cumple que: $q_T=q_1+q_2=$

$q_T=5\cdot10^{-8}\cdot2=10\cdot10^{-8}$ C

$$\left.k\frac{q_1'}{r_1} = k\frac{q_2'}{r_2} \Rightarrow \frac{q_1'}{0{,}1\ m} = \frac{10\cdot10^{-8}C - q_1'}{0{,}06\ m}\right\} \Rightarrow q_1' = 6{,}25\cdot10^{-8}C$$

$$q_2' = 10\cdot10^{-8}C - q_1' = 3{,}75\cdot10^{-8}C$$

$$V_{final} = 9\cdot10^9\ \frac{Nm^2}{C^2}\cdot\frac{3{,}75\cdot10^{-8}C}{0{,}06\ m} = 5{,}62\cdot10^3V$$

11.- ¿Qué velocidad alcanzará una carga de 10^{-6} C con una masa de 2 10^{-18} kg al desplazarse, partiendo del reposo, entre dos puntos donde existe una diferencia de potencial de 100 V?

$$\left.\begin{array}{l} W = q\cdot(V_A - V_B) \\ W = \Delta E_c = E_{c,f} - E_{c,i} = \frac{1}{2}mv^2 - 0 \end{array}\right\} \Rightarrow q\cdot(V_A - V_B) = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2q(V_A - V_B)}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot10^{-16}C\cdot100\ V}{2\cdot10^{-18}\ kg}} = 10^7\ \frac{m}{s}$$

12.- Un electrón, inicialmente en reposo, se pone en movimiento mediante la aplicación de un campo eléctrico uniforme. ¿Se desplazará hacia las regiones de mayor potencial electrostático o hacia las de menor? ¿Qué ocurrirá si consideramos un protón?

Si el campo realiza trabajo para desplazar al electrón, dicho trabajo será positivo. Como la carga del electrón es negativa, la diferencia de potencial V_A-V_B también será negativa. Por tanto, el electrón se desplaza de regiones de **menor a mayor potencial**.

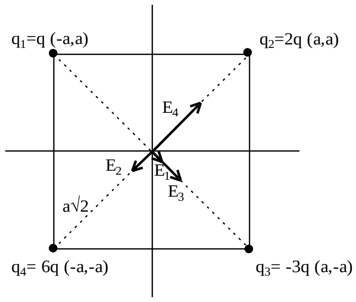
$$W_{campo\ A\rightarrow B} = q_e \cdot V_A - V_B \ \Rightarrow Si\ W_{campo\ A\rightarrow B} > 0\ y\ q_e < 0 \ \Rightarrow\ V_A\text{-}V_B < 0$$
$$Si\ V_A\text{-}V_B < 0,\ entonces\ V_A < V_B$$

Si el campo realiza trabajo para desplazar al protón, dicho trabajo será positivo. Como la carga del protón es positiva, la diferencia de potencial V_A-V_B también será positiva. Por tanto, el protón se desplaza de regiones de **mayor a menor potencial**.

$$W_{campo\ A\rightarrow B} = q_p \cdot V_A - V_B \ \Rightarrow W_{A\rightarrow B} > 0\ y\ q_p > 0 \ \Rightarrow\ V_A\text{-}V_B > 0;\ V_A > V_B$$

13.- Se disponen cuatro cargas en los vértices de un cuadrado centrado en el origen como se indica a continuación: q en (-a, a), 2q en (a, a), -3q en (a,-a) y 6q en (-a, -a). Calcula:

a) El campo eléctrico en el origen.
b) El potencial en el origen.
c) Se sitúa una quinta carga +q en el origen y se libera desde el reposo. Calcula la velocidad cuando se encuentre a una gran distancia desde el origen.



$$a)\ \vec{E}_T = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4$$

$$E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = k\frac{q}{2a^2} \Rightarrow \vec{E}_1 = \frac{k\cdot q}{2a^2}\cos 45\vec{i} - \frac{k\cdot q}{2a^2} sen45\vec{j} = \frac{k\cdot q}{2a^2}\frac{\sqrt{2}}{2}(\vec{i}-\vec{j})\frac{N}{C}$$

$$E_2 = k\frac{q_2}{r_2^2} = k\frac{2q}{2a^2}; \vec{E}_2 = -k\frac{q}{a^2}\cos 45\vec{i} - k\frac{q}{a^2} sen45\vec{j} = -k\frac{q}{a^2}\frac{\sqrt{2}}{2}(\vec{i}+\vec{j})$$

$$E_3 = k\frac{q_3}{r_3^2} = k\frac{3q}{2a^2}; \vec{E}_3 = k\frac{3q}{2a^2}\cos 45\vec{i} - k\frac{3q}{2a^2} sen45\vec{j} = k\frac{3q}{2a^2}\frac{\sqrt{2}}{2}(\vec{i}-\vec{j})$$

$$E_4 = k\frac{q_4}{r_4^2} = k\frac{6q}{2a^2}; \vec{E}_4 = k\frac{6q}{2a^2}\cos 45\vec{i} + k\frac{6q}{2a^2} sen45\vec{j} = k\frac{6q}{2a^2}\frac{\sqrt{2}}{2}(\vec{i}+\vec{j})$$

$$\vec{E}_T = \frac{(1-2+3+6)\cdot kq\sqrt{2}}{4a^2}\vec{i} + \frac{(1-2+3+6)\cdot kq\sqrt{2}}{4a^2}\vec{j} = \frac{2\sqrt{2}kq}{a^2}\vec{i}\,\frac{N}{C}$$

$$b)\ V_O = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = k\,\frac{q}{a\sqrt{2}} + k\,\frac{2q}{a\sqrt{2}} - k\,\frac{3q}{a\sqrt{2}} + k\,\frac{6q}{a\sqrt{2}} = 3\sqrt{2}\,\frac{kq}{a}\ \ V$$

c *Por el principio de conservación de la energía mecánica*:

$$E_{c,o} + E_{p,o} = E_{c,\infty} + E_{p,\infty} \Rightarrow 0 + q \cdot 3\sqrt{2}\,\frac{kq}{a} = \frac{1}{2}mv^2 + 0$$

$$v = \sqrt{\frac{6\sqrt{\ }\,kq^2}{ma}}\ \frac{m}{s} \Rightarrow \textit{siendo } m \textit{ la masa de la } c\arg a \textit{ liberada en el origen.}$$