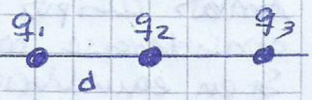
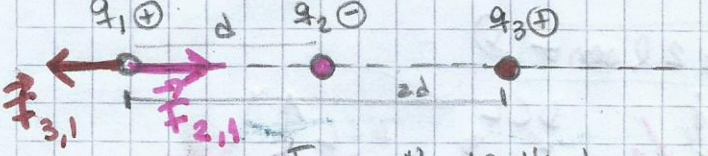
Física 2	Electrostática	HOJA N° 1 FECHA 2022

1) Las tres cargas de la figura están sobre una línea recta, $q_1 > 0$, $q_2 < 0$ y $q_3 > 0$.



a) Si las cargas están equiespaciadas, halle el valor de q_3, en términos de q_2 para que la fuerza sobre q_1 sea nula



Para que la fuerza sobre q_1 sea nula $\Rightarrow |\vec{F}_{3,1}| = |\vec{F}_{2,1}| \Rightarrow F_{3,1} = F_{2,1}$

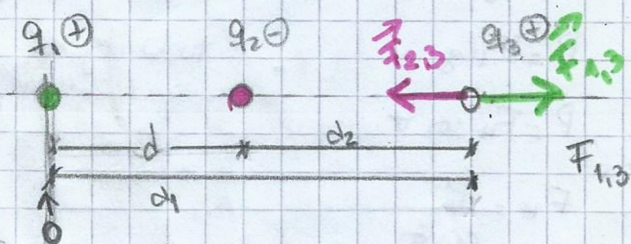
$$F_{2,1} = \frac{K\,|q_1||q_2|}{d^2}$$

$$F_{3,1} = \frac{K\,|q_1|\,|q_3|}{(2d)^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\cancel{K}\,\cancel{|q_1|}|q_2|}{\cancel{d^2}} = \frac{\cancel{K}\,\cancel{|q_1|}\,|q_3|}{4\cancel{d^2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{|q_3| = 4\,|q_2|}\ ✓$$

b) Si $|q_1| = |3q_2|$ calcule la posición en la que q_3 se halla en equilibrio



Para que q_3 esté en equilibrio

$\Rightarrow F_{1,3} = F_{2,3}$ (I)

$$F_{1,3} = \frac{K\,|q_1|\,|q_3|}{d_1^2} = \frac{K\,|3q_2|\,|q_3|}{d_1^2} \quad \text{(II)}$$

$$F_{2,3} = \frac{K\,|q_2||q_3|}{d_2^2} \quad \text{(III)}$$

(x) (I) $\Rightarrow$ II y III

$$\frac{3K\,|q_2|\,|q_3|}{d_1^2} = \frac{K\,|q_2|\,|q_3|}{d_2^2} \Rightarrow 3\,d_2^2 = d_1^2 = (d+d_2)^2 = d^2 + 2dd_2 + d_2^2$$

$d_1 = d + d_2$

$$\underbrace{2d_2^2}_{a=2} - \underbrace{2d\,d_2}_{b=-2d} - \underbrace{d^2}_{c=-d^2} = 0$$

$$d_2 = \frac{+2d \pm \sqrt{4d^2 - 4\times 2(-d^2)}}{2\times 2} = \frac{2d \pm \sqrt{12d^2}}{4} = \frac{2d \pm d\sqrt{12}}{4}$$

$\nearrow d_2 = -0{,}366d$

$\searrow d_2 = 1{,}366d$

Considerando a la pos. de q_1 como el origen, q_3 se debe ubicar a $d - 0{,}366d$ y a $d + 1{,}366d$

$$\Rightarrow \boxed{x_1 = 0{,}634\,d}\ ✓ \quad \boxed{x_2 = 2{,}366\,d}\ ✓$$

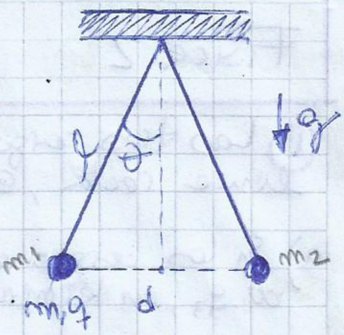
c) Justifique si el resultado anterior depende del signo de q_3

No. No depende pues lo que cambia si es ⊕ o ⊖ son las fuerzas $\vec{F}_{1,3}$ y $\vec{F}_{2,3}$, en sus sentidos, pero no en sus módulos

Para que q_3 esté en equilibrio $\Rightarrow |\vec{F}_{1,3}| = |\vec{F}_{2,3}|$

NOTA

(2) Los cuerpos puntuales de la figura se hallan suspendidos del mismo punto por hilos de igual longitud l.
Ambos cuerpos tienen masa m y carga q y puede considerarse nula la masa de los hilos.
Si en equilibrio el ángulo entre los hilos es 2θ determine la carga q de cada uno de los cuerpos en términos de los parámetros propios del problema
(m, θ, g, l)



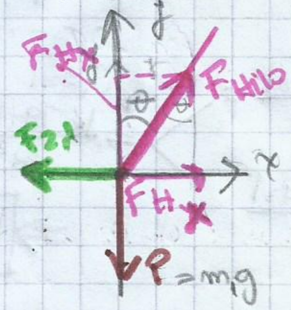
$$\frac{d}{2} = l\,\text{sen}\,\theta \Rightarrow \boxed{d = 2l\,\text{sen}\,\theta} \ \text{I}$$

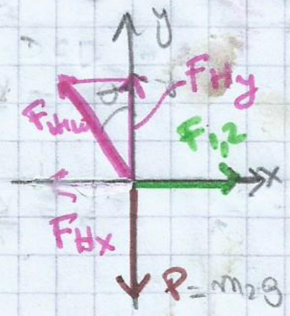
$q_1 = q_2 = q$

$m_1 = m_2 = m$

como $q_1 = q_2 \Rightarrow$ se repelen

DCL





Están en equilibrio $\Rightarrow$ $\Sigma F_x = 0$ $\quad \Sigma F_y = 0$ $\qquad \Sigma F_x = 0 = \Sigma F_y$

todo igual que en m_1

$$F_{Hx} = F_{2,1} \qquad P = F_{Hy}$$

$$F_H \cdot \text{sen}\,\theta = F_{2,1} \qquad P = F_H \cos\theta$$

$$\underbrace{F_H = \frac{F_{2,1}}{\text{sen}\,\theta} \qquad F_H = \frac{P}{\cos\theta}}$$

$$\frac{F_{21}}{\text{sen}\,\theta} = \frac{P^{mg}}{\cos\theta} \Rightarrow F_{2,1} = F_{1,2} = P\,\underbrace{\frac{\text{sen}\,\theta}{\cos\theta}}^{tg\,\theta}$$

$$\boxed{F_{1,2} = F_{2,1} = mg \cdot tg\,\theta} \ \text{II}$$

$$F_{21} = \frac{K\,|q_1|\,|q_2|}{d^2} = \frac{K q^2}{d^2} \ \text{III}$$

I II III

$$mg\,tg\,\theta = \frac{K q^2}{d^2}$$

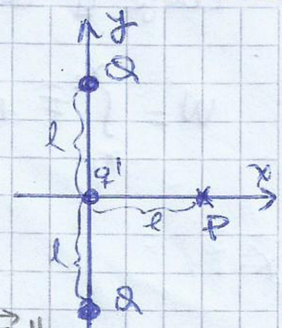
$$\frac{mg\,tg\,\theta\,4l^2\,\text{sen}^2\theta}{K} = q^2$$

$$\boxed{q = 2l\,\text{sen}(\theta)\sqrt{\frac{mg\,tg\,\theta}{K}}}$$

NOTA

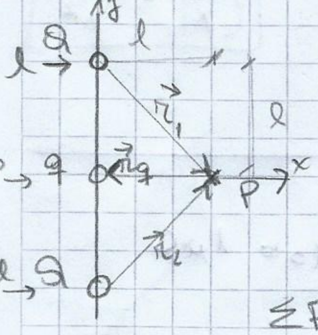
Física 2	Electrostática	HOJA N° 2
		FECHA 2022

4) Se tienen 3 cargas eléctricas equiespaciadas una distancia l, las de los extremos de valor Q y la del centro de valor q', como muestra la figura



a) obtenga la relación entre los valores Q y q' de manera tal que el campo eléctrico en el punto $P=(l,0)$ sea nulo

$$F_p = q\,\vec{E} \Rightarrow \text{si } E_p = 0 \Rightarrow F_p = 0 \qquad r = \|\vec{r}\|$$



$$\vec{r}_1 = (l,0) - (0,l) = (l,-l) = l\,(1,-1) \Rightarrow \boxed{\check{r}_1 = (1,-1)} \Rightarrow r_1 = \sqrt{2}\,l$$

$$\vec{r}_2 = (l,0) - (0,-l) = (l,l) = l\,(1,1) \Rightarrow \boxed{\check{r}_2 = (1,1)} \Rightarrow r_2 = \sqrt{2}\,l$$

$$\vec{r}_q = (l,0) - (0,0) = (l,0) = l\,(1,0) \Rightarrow \boxed{\check{r}_q = (1,0)} \Rightarrow r_q = 1\,l$$

$$\sum F_i = 0 = \frac{KQ\check{r}_1}{r_1^2} + \frac{KQ\check{r}_2}{r_2^2} + \frac{Kq\check{r}_q}{r_q^2} \qquad r_1 = r_2 = r = \sqrt{2}\,l$$

$$\check{r} = \frac{\vec{r}}{r}$$

$$= K\left(\frac{Q\vec{r}_1}{r_1^2 r_1} + \frac{Q\vec{r}_2}{r_2^2 r_2} + \frac{q\vec{r}_q}{r_q^2 r_q}\right) = \underbrace{K}_{\neq 0}\left[Q\left(\frac{(\vec{r}_1 + \vec{r}_2)}{r^3}\right) + \frac{q\vec{r}_q}{r_q^3}\right] = 0$$

$$\Rightarrow \frac{Q\left[\overbrace{(1,-1)+(1,1)}^{\substack{2(1,0)\\(2,0)}}\right]}{\sqrt{2}^3} = -\frac{q\,(1,0)}{1^3}$$

$$2\,Q\,(1,0) = -\sqrt{2}^3\,q\,(1,0) \Rightarrow \frac{Q}{q} = \frac{-\sqrt{2}^3}{2} = \frac{-\cancel{2}\sqrt{2}}{\cancel{2}} \Rightarrow \boxed{\frac{Q}{q'} = -\sqrt{2}} \checkmark$$

b) Suponiendo $q' = -2Q$ halle el valor de la Fuerza que sentirá una carga de prueba q en todo punto del eje $x>0$

el nuevo P es $(x,0)$ $\Rightarrow \vec{r}_1 = (x,0) - (0,l) = (x,-l) = \vec{r}_1 \Rightarrow r_1 = \sqrt{x^2+l^2}$

$\vec{r}_2 = (x,0) - (0,-l) = (x,l) = \vec{r}_2 \Rightarrow r_2 = \sqrt{x^2+l^2}$ $\quad r_1 = r_2 = r$

$\vec{r}_q = (x,0) - (0,0) = (x,0) = \vec{r}_q \overset{x>0}{\Rightarrow} r_q = x$

$$\vec{F} = \frac{KQ\check{r}_1 q}{r_1^2} + \frac{KQ\check{r}_2 q}{r_2^2} + \frac{Kq'\check{r}_q q}{r_q^2} = Kq\left[\frac{Q\vec{r}_1}{r_1^3} + \frac{Q\vec{r}_2}{r_2^3} + \frac{(-2Q)\vec{r}_q}{r_q^3}\right] = KQq\left[\frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2}{r^3} - \frac{2\vec{r}_q}{r_q^3}\right] =$$

$$= KQq\left[\frac{(x,-l)+(x,l)}{\sqrt{x^2+l^2}^3} - \frac{2\,(x,0)}{x^3}\right] = KQq\left[\frac{(2x,0)}{\sqrt{x^2+l^2}^3} - \frac{(2x,0)}{x^3}\right] =$$

$$= KQq\,2\left[\frac{(x,0)}{\sqrt{x^2+l^2}^3} - \frac{(x,0)}{x^3}\right] = 2KQq\left[\frac{x}{\sqrt{x^2+l^2}^3} - \frac{\cancel{x}}{x^3_2}\right]\hat{i} + 0\hat{j}$$

$$\boxed{\vec{F} = 2KQq\left[\frac{x}{\sqrt{x^2+l^2}^3} - \frac{1}{x^2}\right]\hat{i}} \checkmark$$

NOTA

c) Con la expresión de la fuerza hallada en el punto b) calcule el trabajo que realiza la Fuerza eléctrica cuando se traslada la carga q' desde un punto $x_1 > 0$ a otro punto $x_2 > x_1$

$$W = \int_{x_1}^{x_2} \vec{F}\, d\vec{x} = \int_{x_1}^{x_2} 2KQq\left[\frac{x}{\sqrt{x^2+l^2}^{\,3}} - \frac{1}{x^2}\right] dx =$$

$$= 2KQq \int_{x_1}^{x_2} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2+l^2}^{\,3}} - \frac{1}{x^2}\right) dx =$$

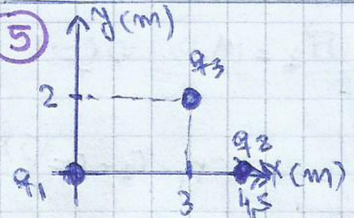
$$\boxed{= 2KQq\left[\frac{-1}{\sqrt{x^2+l^2}} + \frac{1}{x}\right]\Bigg|_{x_1}^{x_2} = W}$$

$$\boxed{\left[(x^2+l^2)^{-1/2}\right]' = -\frac{1}{2}(x^2+l^2)^{-\frac{3}{2}}\,2x = \frac{-x}{\sqrt{x^2+l^2}^{\,3}}}$$

$$\boxed{\left(\frac{1}{x}\right)' = -\frac{1}{x^2}}$$

---

(5)

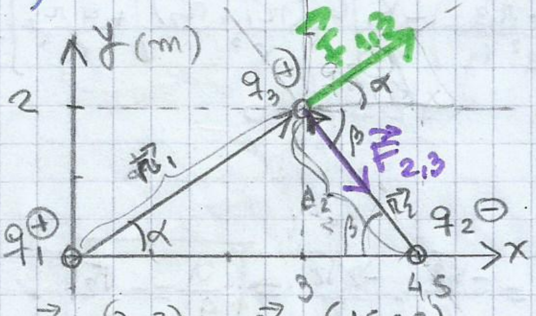


Las cargas de la figura valen:

$q_1 = 2\,\mu C$ $\quad q_2 = -3\,\mu C$ $\quad q_3 = 1\,\mu C$

Calcule:

a) El valor de las fuerzas que las cargas q_1 y q_2 ejercen sobre q_3



q_1 y q_3 tienen el mismo signo $\Rightarrow$ se repelen

q_2 y q_3 tienen signos contrarios $\Rightarrow$ se atraen

$\vec{r}_1 = (3, 2)$ $\quad \vec{r}_2 = (-1{,}5; 2)$

$\boxed{r_1^{\,3} = 13\sqrt{13}\,m^3}$ $\quad \boxed{r_2^{\,3} = 15{,}625\,m^3}$

$$\vec{F}_{q_3} = q_3 \sum_{i=1}^{2} \frac{K q_i \hat{r}_i}{r_i^2} = q_3 K\left[\frac{q_1 \vec{r}_1}{\underbrace{r_1^2\, r_1}_{r_1^3}} + \frac{q_2 \vec{r}_2}{\underbrace{r_2^2\, r_2}_{r_2^3}}\right] =$$

$$= 1\times10^{-6}\,C \times 9\times10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}\left[\frac{2\times10^{-6}\,C\,(3,2)\,m}{13\sqrt{13}\,m^3} + \frac{-3\times10^{-6}\,(-3/2\,;\,2)}{15{,}625\,m^3}\right] =$$

$$= 9\times10^3\,N\left[(1{,}28\times10^{-7}; 8{,}53\times10^{-8}) + (2{,}88\times10^{-7}; -3{,}84\times10^{-7})\right]$$

$$= 9\times10^3\,N\,(4{,}16\times10^{-7}; -2{,}987\times10^{-7}) =$$

$$= (3{,}744\times10^{-3}; -2{,}6883\times10^{-3})\,N$$

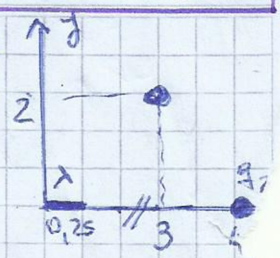
$$\boxed{\vec{F}_{q_3} = (3{,}744; -2{,}6883)\,10^{-3}\,N}\ ✓$$

b) El valor del campo eléctrico que las cargas q_1 y q_2 generan en la posición de la carga q_3

$$q_3\vec{E} = \vec{F}_{q_3} \Rightarrow \boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}_{q_3}}{\underbrace{q_3}_{1\times10^{-6}C}} = (3{,}744; -2{,}6883)\,10^3\,\frac{N}{C}}\ ✓$$

NOTA

⑥ Reemplace ahora la carga q_1 del ejercicio anterior por una varilla de longitud $L = 0{,}25$ m cargada con densidad de carga uniforme $\lambda = 8 \times 10^{-6}$ C/m.



a) Demuestre que el valor de la carga total de varilla coincide con el valor de q_1 del ejercicio anterior.

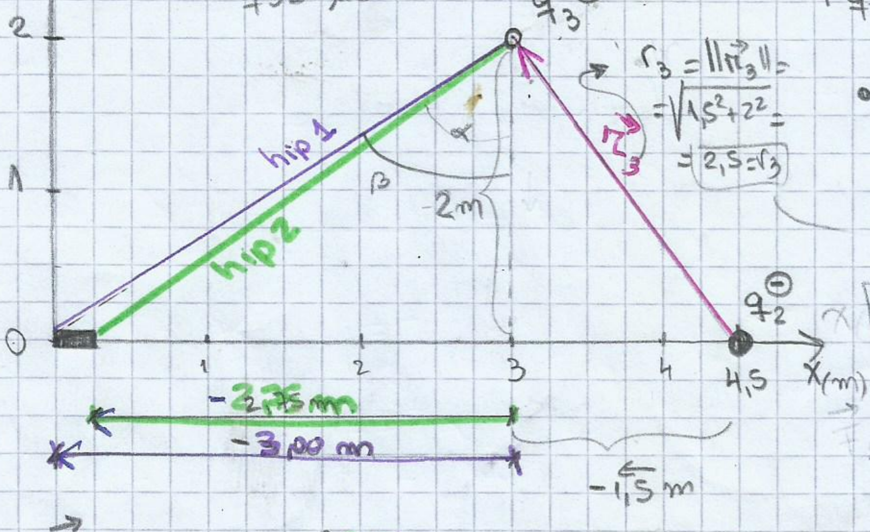
q_1 del ej 5 $= 2\mu C$

$$q_{varilla} = \int_L dq = \int_0^L \lambda \, dx = \lambda \int_0^{L=0,25} dx = \lambda \, x \Big|_0^{0,25} m = 8 \times 10^{-6} \frac{C}{m} \cdot 0{,}25 \, m = 2\mu C$$

$$\boxed{q_{varilla} = 2\mu C = q_1} \checkmark$$

b) Halle el valor de la fuerza que la varilla y la carga q_2 ejercen sobre q_3

$q_2 = -3\mu C$
$q_3 = 1\mu C$



$r_3 = \|\vec{r}_3\| = \sqrt{1{,}5^2 + 2^2} = \boxed{2{,}5 = r_3}$

$$\vec{F}_{q_3} = \vec{F}_{2,3} + \vec{F}_{v,3} \quad (I)$$

• $$\vec{F}_{2,3} = \frac{q_3 \, K \, q_2}{r_3^{\,3}} \vec{r}_3 =$$

$$= \frac{1\mu C \cdot 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} (-3\mu C)(-1{,}5; 2) m}{(2{,}5 m)^3} =$$

$$\boxed{\vec{F}_{2,3} = (2{,}592 \times 10^{-3} ; -3{,}456 \times 10^{-3}) N}$$

• $$\vec{F}_{v,3} = q_3 \frac{K \lambda}{2m} \left[\left(\frac{2}{\sqrt{2{,}75^2 + 2^2}} ; \frac{-2{,}75}{\sqrt{2{,}75^2 + 2^2}} \right) - \left(\frac{2}{\sqrt{3^2 + 2^2}} ; \frac{-3}{\sqrt{3^2 + 2^2}} \right) \right] =$$

$$= \frac{1 \times 10^{-6} C \; 9 \times 10^9 \, N \, m^2 \cdot 8 \times 10^{-6} \frac{C}{m}}{2 \, m \quad C^2} (0{,}033 ; 0{,}0233)$$

$$\vec{F}_{v,3} = (1{,}188 ; 0{,}8388) \times 10^{-3} N \Rightarrow \boxed{\vec{F}_{q_3} = (3{,}78 ; -2{,}62) \, 10^{-3} N} \checkmark$$

c) discuta por qué difieren los resultados respecto del ejercicio anterior a pesar de tratarse de cargas de idéntico valor

La distribución de la carga a lo largo de la varilla produce una distribución de fuerzas sobre la carga q_3

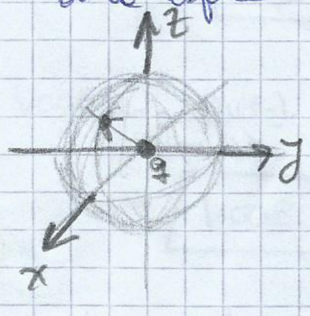
NOTA

Física 2	Electrostática	HOJA N° 4 FECHA 2022

(20) Una carga puntual $q = 3\mu C$ se halla en el centro de una esfera de 1cm de radio

Calcule:

a) el valor del campo eléctrico en los puntos situados en la sup. de la esfera



$$E = \frac{q}{4\pi R^2 \varepsilon_0} = \frac{K \cdot q}{R^2} = 9\times10^9 \frac{\cancel{N}m^2}{C^2} \cdot \frac{3\mu\cancel{C}}{(0{,}01\,m)^2} = 2{,}7\times10^8$$

$$\boxed{K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2}}$$

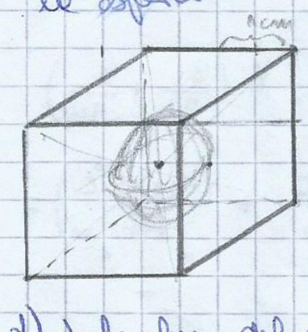
$$\boxed{E = 2{,}7\times10^8 \frac{N}{C}}$$

b) el valor del flujo del campo eléctrico debido a la carga puntual a través de la sup. de la esfera

Sup. cerrada ⇒ T. Gauss

$$\Phi_{esfera} = \oint_S \vec{E}\, d\vec{s} = \frac{q_{encerrada}}{\varepsilon_0} = \frac{3\mu\cancel{C}}{8{,}85\times10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}} = \boxed{3{,}39\times10^5 \frac{Nm^2}{C} = \Phi}$$

c) el valor del flujo del campo eléctrico debido a la carga puntual a través de la sup. de un cubo de arista 2cm cuyo centro coincide con el de la esfera



$$\Phi_{cubo} = \oint_{cubo} \vec{E}\, d\vec{s} = \frac{q_{encerrada}}{\varepsilon_0} \overset{b)}{=} \boxed{3{,}39\times10^5 \frac{Nm^2}{C} = \Phi}$$

x T. Gauss

d) A la luz del resultado anterior discuta cómo varía el flujo si:

d1.- se duplica el área de la sup. que encierra la carga.

tal como se puede ver en c) ⇒ $\boxed{\text{el Flujo se mantiene}}$

d2. se duplica el valor de la carga encerrada

$\Phi_0 = \frac{q_0}{\varepsilon_0}$ ⇒ si $q_1 = 2q_2$ ⇒ $\Phi_1 = 2\Phi$ ⇒ $\boxed{\text{se duplica el flujo}}$

e) discuta si el valor del flujo varía si la carga puntual se desplaza del centro de simetría

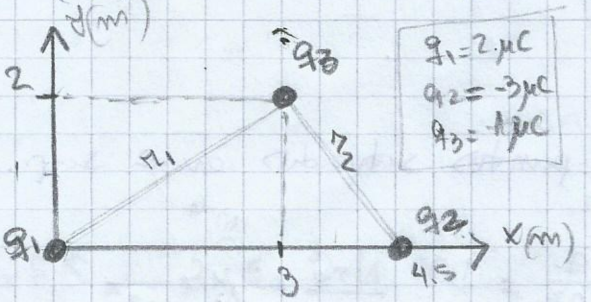
El flujo no varía

NOTA

$Nm = J \qquad \frac{J}{C} = V \qquad \frac{Nm}{C} = V$

21) Regrese al ejercicio 5 y calcule:

a) el potencial (respecto del infinito) de las cargas q_1 y q_2 en el punto $(3;2) \Rightarrow$ donde se halla q_3



$$V_{q_1} = \frac{K q_1}{r_1} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot \frac{2 \times 10^{-6} C}{\sqrt{13}\ m} = 4992\,V$$

$$\boxed{V_{q_1} = 4992\,V}$$

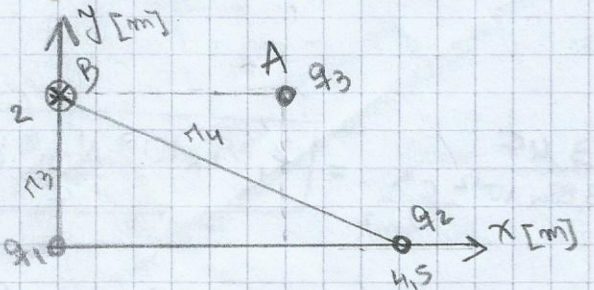
$$r_1 = \sqrt{3^2 + 2^2} = \sqrt{13} = r_1$$

$$r_2 = \sqrt{(4{,}5-3)^2 + 2^2} = 5/2 = r_2$$

$$V_{q_2} = \frac{K q_2}{r_2} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot \frac{(-3\mu C)}{5/2\, m} = -10800\,V$$

$$\boxed{V_{q_2} = -10.800\,V}$$

b) el trabajo que realiza la fuerza eléctrica cuando se transporta la carga q_3 desde su posición hasta el punto $(0,2)$



$A = (3,2)$

$B = (0,2)$ $\qquad 1\mu C = 10^{-6} C$

$$W_{AB} = q_3 \cdot (V_A - V_B)$$

$$\bullet V_A = V_{q_1} + V_{q_2} = (4992 - 10.800)\,V$$

$$\boxed{V_A = -5.808\,V}$$

$r_3 = 2m$

$$r_4 = \sqrt{4{,}5^2 + 2^2} = \frac{\sqrt{97}}{2}$$

$$\bullet V_B = \frac{K q_1}{r_3} + \frac{K q_2}{r_4} = K\left(\frac{q_1}{r_3} + \frac{q_2}{r_4}\right)$$

$$= 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}\left(\frac{2 \times 10^{-6} C}{2\, m} + \frac{(-3 \times 10^{-6} C)}{\sqrt{97}/2\ m}\right) =$$

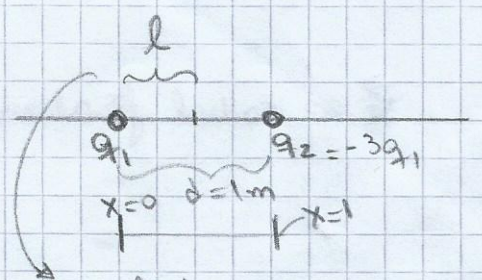
$$= \boxed{3517\,V = V_B}$$

$$W_{AB} = 1\mu C\,(-5.808\,V - 3517\,V) = -9.325 \times 10^{-6}\,CV$$

$$\boxed{W_{AB} = -9{,}325 \times 10^{-3}\,J}$$

(25) Dos cargas puntuales q_1 y $q_2 = -3q_1$ se hallan separadas una distancia de $d = 1m$.

Halle los puntos sobre la recta que une a las cargas en los que se anula el potencial debido a las cargas.



si $l < 0$ quiere decir que va hacia la izq.)

$sg(q_1) \neq sg(q_2) \Rightarrow F$ se atraen

$$V = \sum K \frac{q_i}{d_i} = K\left(\underbrace{\frac{q_1}{l}}_{\neq 0} + \frac{q_2}{|1m - l|}\right) =$$

$$V = 0 \Rightarrow \frac{q_1}{l} + \frac{-3q_1}{|1m-l|} = 0$$

$$\frac{\cancel{q_1}}{l} = \frac{-3\cancel{q_1}}{|1m-l|}$$

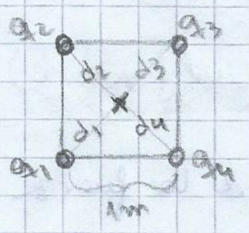
$|1m - l| = -3l \Rightarrow 1m - l = -3l \Rightarrow 2l = -1m \Rightarrow \boxed{l_1 = -0{,}5m}$

$\Rightarrow -1m + l = -3l \Rightarrow 4l = 1m \Rightarrow \boxed{l_2 = 0{,}25m}$

---

(26) Sean cuatro cargas puntuales $q_1 = 10^{-4}C$, $q_2 = -2\times10^{-4}C$, $q_3 = 3\times10^{-4}C$, $q_4 = 2\times10^{-4}C$ ubicadas en los vértices de un cuadrado de 1m de lado

a) calcule el potencial de la configuración en el centro del cuadrado



$$V = \sum \frac{Kq_i}{d_i} = \frac{K}{\frac{\sqrt{2}}{2}m}(q_1 + q_2 + q_3 + q_4) = \frac{2K}{\sqrt{2}m}(1 - 2 + 3 + 2)10^{-4}C$$

$$= \frac{8}{\sqrt{2}m} \cdot 9\times10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \cdot C \times 10^{-4} = 5091169\ V$$

$d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = 1m \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$

$$\boxed{V = 5{,}09 \times 10^6 V}$$ ✓

b) Justifique si el intercambio de posiciones de las cargas modifica el valor de potencial en el centro del cuadrado

El intercambio de cargas NO modifica el valor del potencial ya que $V = \sum \frac{Kq_i}{d_i}$ depende de las distancias y todas las d_i son iguales

c) Justifique si el valor hallado en a) vale para todo punto del cuadrado

No vale para todo punto ya que V depende de las distancias entre las cargas y el punto en ~~el~~ punto en estudio

NOTA

(27) Dos esferas huecas concéntricas de radios r_a y $r_b > r_a$ están cargadas con cargas $Q_a > 0$ y $Q_b < 0$ respectivamente.

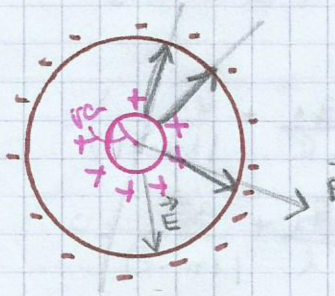
Se transporta una carga negativa desde la esfera exterior a la interior

Justifique e indique claramente:

a) la dirección y el sentido del campo eléctrico de la configuración en la región interna.

Esfera r_a: $Q_a > 0$

Esfera r_b: $Q_b < 0$ $\quad \vec{E}$ es radial y saliente

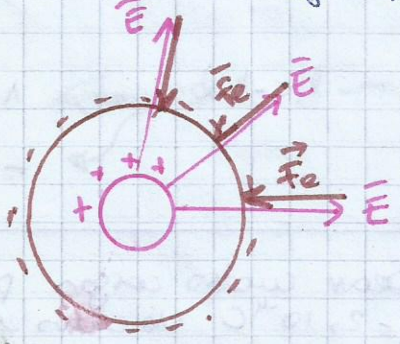


(va de Q_+ a Q_-)

b) la dirección y sentido de la fuerza eléctrica sobre la carga $q < 0$

La carga $q < 0$ es Q_b

$$\vec{F}_{r_b} = \underbrace{Q_b}_{<0} \cdot \vec{E}$$



$\Rightarrow \vec{F}$ y $\vec{E}$ tienen la misma dirección pero sentido contrario

$\vec{F}$ es radial y entrante

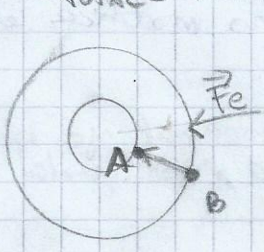
c) la dirección y sentido del gradiente de potencial

$\vec{E} = -\nabla V \Rightarrow$ es radial y entrante (pues $\bar{E}$ es radial y saliente)

d) El signo del trabajo que debemos realizar en contra de la fuerza eléctrica para transportar la carga a velocidad constante.

transportar la carga a velocidad constante $\Rightarrow \Delta E_c = 0$

$$W_{total} = \Delta E_c = 0 = \underbrace{W_{\vec{F_e}}}_{>0} + W_{\vec{F}_{ext}} \Rightarrow W_{\vec{F}_{ext}} < 0$$



$V_A > V_B$

$$W_{\vec{F_e}} = \underbrace{q_b}_{<0} \cdot \underbrace{(V_B - V_A)}_{<0} \Rightarrow \boxed{W_{\vec{F_e}} > 0}$$

$\boxed{W \text{ tiene que ser negativo}}$

NOTA