## Interacción electromagnética

(Oviedo. 2018-2019/ 4.2)

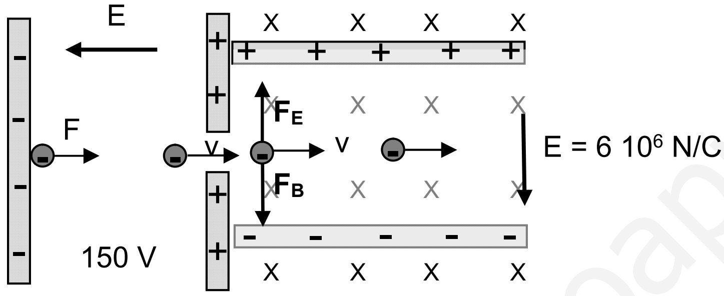
Un electrón es acelerado mediante una diferencia de potencial de 150 V y entra en una región en la que se aplica un campo eléctrico y un campo magnético constantes, mutuamente perpendiculares a la trayectoria del electrón. La magnitud del campo eléctrico es de $6\ 10^6$ N/C.

a) Suponiendo despreciable la velocidad del electrón antes de ser acelerado, calcule la energía del electrón cuando entra en dicha región en unidades del S.I.
b) La intensidad del campo magnético necesaria para que el electrón atraviese esa región sin modificar su trayectoria.
c) Cuando la partícula acelerada es un protón entra en la región con la misma velocidad que el electrón y en este caso el campo magnético que se aplica es de $1{,}2\ 10^{-4}$ T ¿Cómo se debe modificar el campo eléctrico para que el protón siga una trayectoria rectilínea?

DATOS: $q_e$= - $1{,}6\ 10^{-19}$ C; $m_e$= $9{,}1\ 10^{-31}$ kg; $m_P$= $1{,}7\ 10^{-27}$ kg.

**Solución:**

a)




El diseño experimental que se describe en el enunciado es el que se muestra en la figura.

Inicialmente el electrón se acelera gracias a la fuerza ejercida por un campo eléctrico. Como la carga del electrón es negativa el campo eléctrico ha de estar orientado tal y como se indica (de derecha a izquierda).

La fuerza ejercida por el campo eléctrico es conservativa y realiza trabajo positivo, impulsando al electrón en el sentido en el que ***disminuye su energía potencial*** (es el mismo caso que una piedra que cae sometida a la acción de la fuerza de gravedad). Por tanto, la energía potencial perdida se transformará (suponiendo rozamiento nulo) íntegramente en energía cinética, con lo que podremos calcular la velocidad con la que llega a la zona en la que se localizan los campos.

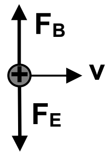
$$V=\frac{E_p}{q}\ ;\ E_p = V\,q = 150\,\frac{J}{\cancel{C}}\,1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{C} = 2{,}4\,10^{-17}\,J$$

$$Ec=\frac{1}{2}m\,v^2 = E_p\ ;\ v=\sqrt{\frac{2\,Ec}{m}}=\sqrt{\frac{2\ .2{,}4\,10^{-17}\,J}{9{,}1\ 10^{-31}kg}} = 7{,}26\,10^6\,\frac{m}{s}$$

b) Si suponemos que el campo magnético es perpendicular al plano del papel y entrante, ejercerá sobre el electrón (carga negativa) una fuerza, $F_B$, hacia abajo por lo que para lograr que el electrón no se desvíe el campo eléctrico deberá de suministrar una fuerza, $F_E$, igual y contraria hacia arriba. Luego el campo eléctrico ha de apuntar hacia abajo. Por tanto para que no exista desviación:

$$\left.\begin{aligned}F_E &= q\,E\\ F_B &= q\,v\,B\end{aligned}\right\}F_B = F_E\ ;\ \cancel{q}\,v\,B=\cancel{q}\,E\ ;\ B=\frac{E}{v}=\frac{6\,10^6\,\frac{N}{C}}{7{,}26\,10^6\,\frac{m}{s}}=0{,}83\ T$$

c) Si la partícula es un protón (carga positiva) y mantenemos el campo magnético inalterado, la fuerza, $F_B$, actuará ahora hacia arriba. Por tanto el campo eléctrico deberá mantenerse en la misma posición para que ejerza una fuerza, $F_E$, igual y hacia abajo. Para que no exista desviación el valor del campo eléctrico será:




$$\left.\begin{aligned}F_E &= q\,E\\ F_B &= q\,v\,B\end{aligned}\right\}F_B = F_E\ ;\ \cancel{q}\,v\,B=\cancel{q}\,E\ ;\ E=B\,v=1{,}2\,10^{-4}\,T\ .7{,}26\,10^6\,\frac{m}{s}=871\,\frac{N}{C}$$

(Oviedo. 2018-2019/ 3.2)

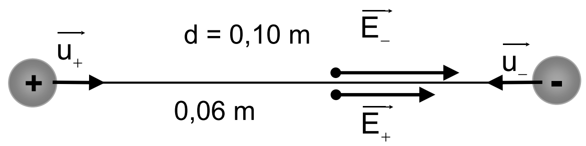
Un dipolo está formado por dos cargas puntuales, $q_1$= + 12 nC y $q_2$= - 12 nC, situadas a una distancia mutua de 10 cm. Calcule en un punto Q localizado entre las cargas y a una distancia de 6 cm respecto de la carga positiva:

a) El módulo, la dirección y el sentido del campo eléctrico creado por el dipolo.
b) El potencial eléctrico creado por el dipolo.
c) El módulo, la dirección y el sentido de la fuerza ejercida por una tercera carga puntual de +2 $\mu$C situada en ese punto.

DATOS: K = 9 $10^9$ N $m^2$ $C^{-2}$

**Solución:**

a)




$$\overrightarrow{E_+} = \left(K\,\frac{q_+}{r_+^2}\right)\overrightarrow{u_+} = \left(9\,10^9\,\frac{N\,\cancel{m^2}}{C\cancel{^2}}\,\frac{12\,10^{-9}\,\cancel{C}}{(0{,}06)^2\,\cancel{m^2}}\right)\vec{i} = \left(3{,}0\,10^4\right)\,\vec{i}\,\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\overrightarrow{E_-} = \left(K\,\frac{q_-}{r_-^2}\right)\overrightarrow{u_-} = \left(9\,10^9\,\frac{N\,\cancel{m^2}}{C\cancel{^2}}\,\frac{-12\,10^{-9}\,\cancel{C}}{(0{,}04)^2\,\cancel{m^2}}\right)\left(-\vec{i}\right) = \left(6{,}8\,10^4\right)\,\vec{i}\,\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\overrightarrow{E_{Tot}} = \overrightarrow{E_+} + \overrightarrow{E_-} = \left(3{,}0\,10^4\right)\,\vec{i} + \left(6{,}8\,10^4\right)\,\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right) = \left(9{,}8\,10^4\right)\,\vec{i}\,\left(\frac{N}{C}\right)$$

b)

$$V_+ = K\,\frac{q_+}{r_+} = 9\,10^9\,\frac{N\,m^{\cancel{2}}}{C\cancel{^2}}\,\frac{12\,10^9\,\cancel{C}}{0{,}06\,\cancel{m}} = 1{,}8\,10^3\left(\frac{J}{C}\right)(V)$$

$$V_- = K\,\frac{q_-}{r_-} = 9\,10^9\,\frac{N\,m^{\cancel{2}}}{C\cancel{^2}}\,\frac{\left(-12\,10^9\right)\cancel{C}}{0{,}04\,\cancel{m}} = -\,2{,}7\,10^3\left(\frac{J}{C}\right)(V)$$

$$V_{Tot} = V_+ + V_- = 1{,}8\,10^3\,(V) - 2{,}7\,10^3\,(V) = -\,900\text{ V}$$

c)

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q};\ \vec{F} = q\,\vec{E} = 2\,10^{-6}\,\cancel{C}\,\left(9{,}8\,10^4\right)\vec{i}\,\frac{N}{\cancel{C}} = 0{,}2\ \vec{i}\,(N)$$

(Oviedo. 2018-2019/ 2.2)

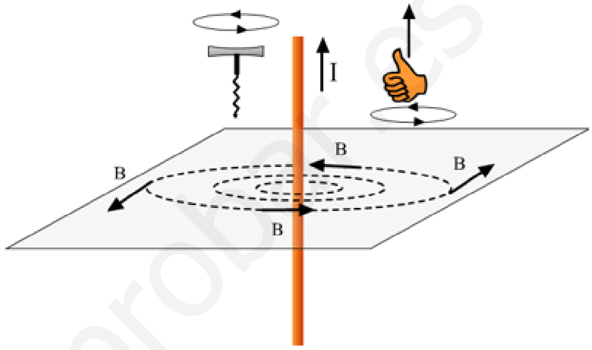
Por un conductor rectilíneo indefinido circula una corriente eléctrica de intensidad 200 A. Determine:

a) El módulo, la dirección y el sentido del campo magnético en un punto situado a 20 cm del conductor.
b) El módulo, la dirección y el sentido de la fuerza que actúa sobre una carga eléctrica q= +3 $\mu$C que se acerca hacia el conductor en dirección perpendicular a este, con una velocidad de 4 $10^3$ m $s^{-1}$ cuando la carga se encuentra a 20 cm del conductor.
c) El módulo, la dirección y el sentido de la fuerza que actúa sobre la misma carga si se mueve paralela al conductor en el mismo sentido que la corriente.

DATOS: K = 9 $10^9$ N $m^2$ $C^{-2}$; $\mu$0= 4$\pi$ 10 $^{-7}$ N $A^{-2}$

**Solución:**

a) Un hilo crea un campo magnético cuyas líneas de fuerza son circunferencias concéntricas al hilo y situadas en un plano perpendicular al conductor. El campo magnético es tangente a estas circunferencias. Su sentido es el de un sacacorchos que avanza en el sentido de la corriente (ver figura ). El campo magnético de un hilo se calcula a partir de la ecuación:



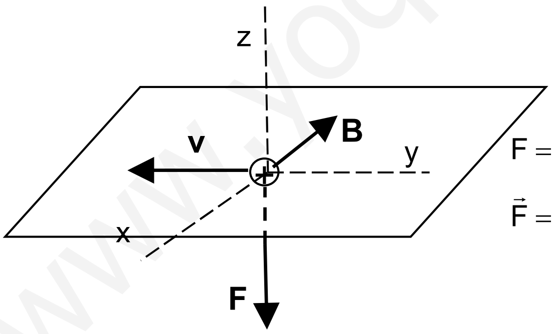

$$B = \frac{\mu}{2\pi}\frac{I}{r}$$

$$B = \frac{\mu}{2\pi}\frac{I}{r} = \frac{4\,\cancel{\pi}\,10^{-7}\,\frac{N}{\cancel{A^2}}\,200\,\cancel{A}}{2\,\cancel{\pi}\,0,20\ m} = 2,0\ 10^{-4}\ T = 200\ \mu T$$

b) La fuerza que actúa sobre una carga en movimiento viene dada por:

$$\vec{F} = q\left(\vec{v} \wedge \vec{B}\right)$$

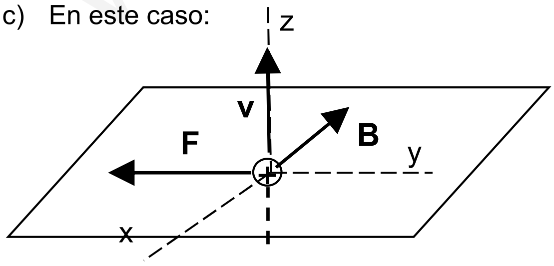
y será, por tanto, perpendicular al plano determinado por el vector velocidad y el campo magnético. Teniendo en cuenta la estructura del campo y sabiendo que la carga se mueve hacia el conductor ***la fuerza actuará paralela al conductor y en sentido contrario a la corriente***. Por ejemplo:




$$F = q\,v\,B = 3\,10^{-6} C\ \ 4\,10^{3}\,\frac{m}{s}\ 2,0\,10^{-4} T = 2,4\,10^{-6}\ N$$

$$\vec{F} = -\left(2,4\,10^{-6}\right)\vec{k}\ (N)$$

c) En este caso:




$$F = q\,v\,B = 3\,10^{-6} C\ \ 4\,10^{3}\,\frac{m}{s}\ 2,0\,10^{-4} T = 2,4\,10^{-6}\ N$$

$$\vec{F} = -\left(2,4\,10^{-6}\right)\vec{j}\,(N)$$

***La fuerza apunta hacia el conductor.***

(Oviedo. 2018-2019/ 1.2)

Un electrón viaja en línea recta con una velocidad constante de v= 1,6 $10^6$ m/s y entra en una región entre dos placas paralelas donde existe un campo magnético uniforme y perpendicular a la velocidad del electrón. La separación entre las placas es de 1 cm y su longitud de 2 cm. Asuma que el campo magnético en el exterior de la región delimitada por las placas es nulo y que cuando el electrón entra entre las placas está a la misma distancia de ambas.

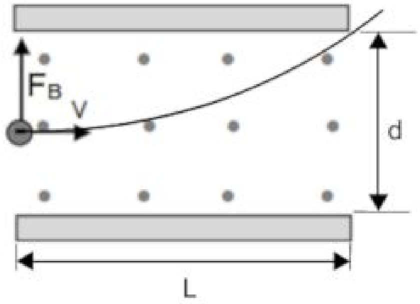
a) Si el electrón curva su trayectoria hacia la placa superior y la libra justamente cuando sale del espacio entre placas, calcule la intensidad del campo magnético.

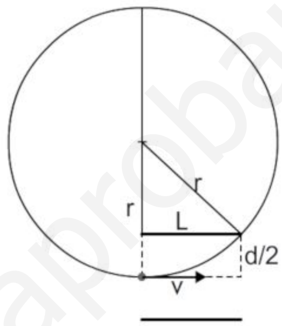
b) Suponga que un protón con la misma velocidad inicial reemplaza al electrón. ¿Logrará salir del espacio entre las placas o impactará en una de ellas. De ser así, chocará contra la superior o contra la inferior? Justifique su respuesta.

DATOS: qe = - 1,6 $10^{-19}$ C; me = 9,1 $10^{-31}$ kg; mp = 1,7 $10^{-27}$ kg

**Solución:**

a)




La trayectoria seguida por el electrón será un arco de círculo y para que libre justamente la placa superior, ha de suceder lo que se indica en el esquema de la derecha. Por tanto:

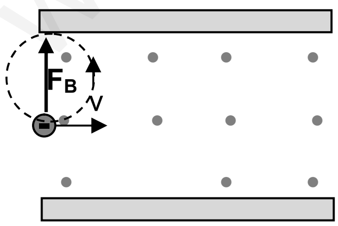
$$r^2 = L^2 + \left(r - \frac{d}{2}\right)^2 = L^2 + r^2 + \frac{d^2}{4} - \cancel{2}\, r \frac{d}{\cancel{2}} = L^2 + r^2 + \frac{d^2}{4} - r\,d$$

$$r^2 = L^2 + r^2 + \frac{d^2}{4} - r\,d\,;\ r = \frac{L^2}{d} + \frac{d}{4} = \left(\frac{0{,}02^2}{0{,}01} + \frac{0{,}01}{4}\right) m = 4{,}25\,10^{-2}\ m = 4{,}25\ cm$$

$$\left.\begin{matrix} F_N = m\,a_N \\ F = q\,v\,B \end{matrix}\right\} q\,v\,B = m\frac{v2}{r}\,;\ B = \frac{m\,v}{q\,r} = \frac{9{,}1\,10^{-31} kg\,.\,1{,}6\,10^{6}\,\frac{m}{s}}{1{,}6\,10^{-19} C\,.\,4{,}25\,10^{-2} m} = 2{,}14\,10^{-4}\,T = 0{,}214\ mT$$

Existe una segunda solución que satisface las condiciones del enunciado, y es la que se esquematiza a continuación.

Como se observa si el campo magnético es lo suficientemente intenso el electrón podría describir una trayectoria circular (de radio 0,25 cm) y salir tangente a la placa superior y hacia atrás:




$$\left.\begin{matrix} F_N = m a_N \\ F_N = F_B = q\,v\,B \end{matrix}\right\} q\,v\,B = m a_N = m\frac{v^2}{r}\,;\ B = \frac{m\,v}{q\,r}$$

$$B = \frac{9{,}1\,10^{-31} kg\,.\,1{,}6\,10^{6}\,\frac{m}{s}}{1{,}6\,10^{-19} C\ \,.2{,}5\,10^{-3}\ m} = 3{,}6\,10^{-3}\,T = 3{,}6\ mT$$

b) Si consideramos un protón el radio de la trayectoria descrita sería para cada uno de los casos contemplados:

$$\frac{r_P}{r_e} = \frac{m_P}{m_e} = 1868\,;\ r_P = 1868\ r_e \begin{cases} r_{P(1)} = 1868\ \ .4{,}25\,10^{-2} m = 79{,}4\ m \\ r_{P(2)} = 1868\ \ .2{,}5\,10^{-3} m = 4{,}67\ m \end{cases}$$

Trayectorias con un gran radio de curvatura. No impactaría con las placas.

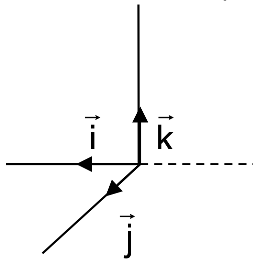
(Oviedo. 2017-2018/ 4.2)

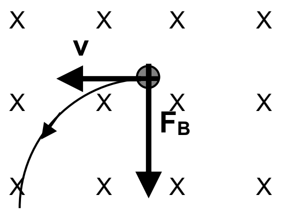
Una carga eléctrica de 5 $10^{-9}$ C se mueve horizontalmente y perpendicular a un campo magnético de $-5\,10^{-3}\,\vec{j}$ T con una velocidad de $5\,10^{6}\,\vec{i}$ m / s

a) Calcule la trayectoria que tendrá si su masa es de 5 ng.
b) ¿Qué campo eléctrico debería de actuar, en qué dirección y en qué sentido para que la carga tuviera una trayectoria rectilínea.

**Solución:**

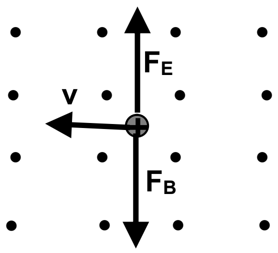
a) Suponiendo la disposición de los ejes que se observa en la figura la carga seguirá una trayectoria circular situada en el plano XZ y sentido de giro contrario a las agujas del reloj (ver esquema)




$$r=\frac{m\,v}{q\,B}=\frac{5\,10^{-12}\text{kg}\;.5\,10^{6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}}{5\,10^{-9}\text{ C}\;.5\,10^{-3}\text{T}}=10^{6}\text{m}$$

b) Para que no se desvíe el campo eléctrico deberá de suministrar una fuerza ($F_E$) que anule la debida al campo magnético ($F_B$)




$$\left.\begin{aligned}F_E&=qE\\F_B&=q\,v\,B\end{aligned}\right\}qE=q\,v\,B\,;E=v\,B=5\,10^{6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\;.5\,10^{-3}\text{ T}=2{,}5\,10^{4}\,\frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$\vec{E}=2{,}5\,10^{4}\,\vec{k}\left(\frac{\text{N}}{\text{C}}\right)$$

(Oviedo. 2017-2018/ 3.2)

Responda a las siguientes cuestiones:

a) ¿Con qué fuerza se atraen dos conductores paralelos de 1 m de longitud por los que circulan corrientes de 2 y 5 A si la distancia entre ellos es de 5 cm? Razone el sentido de las corrientes.
b) Dos cargas eléctricas distantes 9 cm, una de 3q y la otra de –q, se atraen con una fuerza de 5 N. Calcule el valor de sus cargas e indique el valor del potencial en el centro del segmento que las une.

DATOS: K = 9 $10^{9}$ N $m^2$ $C^{-2}$; $\mu$0= 4$\pi$ 10 $^{-7}$ N $A^{-2}$

**Solución:**

a) : Para que los conductores se atraigan (ver apuntes) el sentido de la corriente ha de ser idéntico en ambos y la fuerza con que se atraen será:

$$F=\left(\frac{\mu\,L}{2\,\pi}\right)\frac{I_1\,I_2}{d}=\left(\frac{4\,\pi\,10^{-7}\,\frac{\text{N}}{\cancel{\text{A}^2}}\,1\,\cancel{\text{m}}}{2\,\pi}\right)\frac{2\,\cancel{\text{A}}\;5\,\cancel{\text{A}}}{5\,10^{-2}\,\cancel{\text{m}}}=\;4\,10^{-5}\text{ N}$$

b)
$$F=K\,\frac{3\,q\,.q}{r^2}=K\,\frac{3\,q^2}{r^2}\,;\,q=r\,\sqrt{\frac{F}{3\,K}}=9\,10^{-2}\,\cancel{\text{m}}\,\sqrt{\frac{5\,\cancel{\text{N}}}{3\,.9\,10^{9}\,\frac{\cancel{\text{N}}\,\cancel{\text{m}^2}}{\text{C}^2}}}=1{,}22\,10^{-6}\text{C}$$

$$\left.\begin{aligned}V_q&=-K\,\frac{q}{(r/2)}\\V_{3q}&=K\,\frac{3q}{(r/2)}\end{aligned}\right\}V_{Tot}=V_{3q}+V_q=K\,\frac{3q}{(r/2)}-K\,\frac{q}{(r/2)}=K\,\frac{q}{(r/2)}(3-1)$$

$$V_{Tot}=2\,K\,\frac{q}{(r/2)}=2\;.9\,10^{9}\;\frac{\text{N}\,\text{m}^{\cancel{2}}}{\text{C}^{\cancel{2}}}\,\frac{1{,}22\,10^{-6}\,\cancel{\text{C}}}{4{,}5\,10^{-2}\,\cancel{\text{m}}}=4{,}88\,10^{5}\text{V}$$

(Oviedo. 2017-2018/ 2.2)

Una bobina está formada por 100 espiras de superficie unitaria 20 cm$^2$. El eje de dicha bobina coincide inicialmente con el eje X y gira con una frecuencia de 50 Hz en el plano XY. Si la bobina se encuentra en el seno de un campo magnético $\vec{B} = 5\,\vec{i}\,T$, indique:

a) El flujo del campo magnético a través de la bobina en el instante en que este es máximo y la posición relativa de la bobina con respecto al campo magnético en dicho instante.
b) Escriba la ecuación de la fuerza electromotriz en función del tiempo.
c) Determine el valor máximo de la fuerza electromotriz inducida.

**Solución:**

a) El flujo magnético que atraviesa una bobina de N espiras que gira es: $\phi = N\,B\,S\cos(\omega t)$

Para este caso y teniendo en cuenta que para t=0 la bobina está colocada perpendicularmente al campo:
$$\phi = N\,B\,S\cos(\omega t) = 100\,.5\,.20\,10^{-4}\cos(2\pi\,50\,t) = \cos(100\,\pi\,t)$$
$$\boxed{\phi = \cos\,(100\,\pi\,t)}$$

El valor máximo del flujo será de 1 T.m$^2$ (Wb): Este valor se adquiere cuando la bobina es perpendicular al campo.

b) La fuerza electromotriz vendrá dada por (ley de Faraday-Henry): $\phi = N\,B\,S\cos(\omega t)$
$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = 100\,\pi\,\mathrm{sen}\,(100\,\pi\,t)$$

c) Su valor máximo será : $\varepsilon_{max} = 100\,\pi\,(V) = 314\ V$

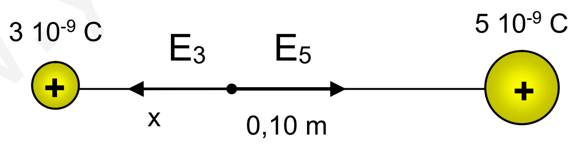
(Oviedo. 2017-2018/ 1.2)

Discuta en qué punto la intensidad del campo eléctrico creado por dos cargas de 3 y 5 nC que distan entre si 10 cm se anula y calcule su posición.
¿Cuánto vale el potencial en ese punto?

DATOS: K = 9 10$^9$ N m$^2$ C$^{-2}$

**Solución:**

a) Es bastante evidente, dada la distribución de cargas, que el campo eléctrico ha de anularse en un punto situado sobre la línea que une ambas cargas, entre ellas, y más próxima la más pequeña: Llamemos a la distancia entre el punto y la carga más pequeña ***x***, tendremos:




$$E = K\,\frac{q}{r^2}$$
$$\cancel{K}\,\frac{q_3}{x^2} = \cancel{K}\,\frac{q_5}{(d-x)^2}\,;\ \frac{q_3}{x^2} = \frac{q_5}{(d-x)^2}$$
$$\frac{q_3}{x^2} = \frac{q_5}{(d-x)^2}\,;\ \frac{x}{0{,}10-x} = \sqrt{\frac{q_3}{q_5}} = \sqrt{\frac{3\,\cancel{nC}}{5\,\cancel{nC}}} = 0{,}775$$
$$x = 0{,}044\ m = 4{,}4\ cm$$

b)
$$\left.\begin{array}{l} V_3 = K\,\dfrac{q_3}{x_3} \\[2ex] V_5 = K\,\dfrac{q_5}{x_5} \end{array}\right\} V_{Tot} = V_3 + V_5 = K\left(\frac{q_3}{x_3} + \frac{q_5}{x_5}\right) = 9\,10^9\,\frac{N\,m^{\cancel{2}}}{C^{\cancel{2}}}\left(\frac{3\,10^{-9}}{4{,}4\,10^{-2}} + \frac{5\,10^{-9}}{5{,}6\,10^{-2}}\right)\frac{\cancel{C}}{\cancel{m}} = 1417\,\frac{J}{C}\,(V)$$

(Oviedo. 2016-2017/ 4.2)

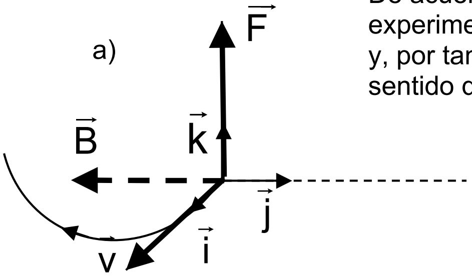
En el seno de un campo magnético $\vec{B} = -10\,\vec{j}\,(T)$:

a) Viaja un electrón con una velocidad inicial $\vec{v} = 1{,}5\,10^{6}\,\vec{i}\,(m/s)$. Calcule el radio de la trayectoria que describe y dibuje un esquema que indique el sentido de giro.
b) Viaja un protón con la misma velocidad inicial. Calcule el radio de la trayectoria e indique el sentido de giro al igual que en el apartado anterior.
c) ¿Qué velocidad (módulo, dirección y sentido) debe tener el citado protón para describir una trayectoria de igual radio y sentido que la del electrón.

DATOS: qe = - $1{,}6\,10^{-19}$ C; me = $9{,}1\,10^{-31}$ kg; mp = $1{,}67\,10^{-27}$ kg

**Solución:**

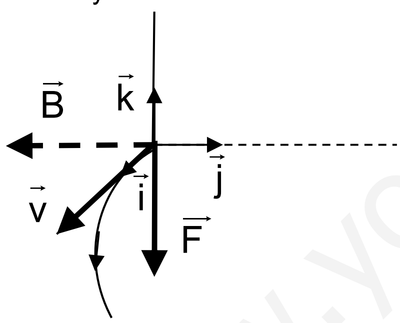
a)




De acuerdo con el esquema que se muestra el electrón (carga negativa) experimentará una fuerza $\vec{F} = q\,(\vec{v} \wedge \vec{B})$ dirigida en el sentido positivo del eje Z y, por tanto, describirá una trayectoria circular (situada en el plano XZ) en el sentido de las agujas del reloj de radio:

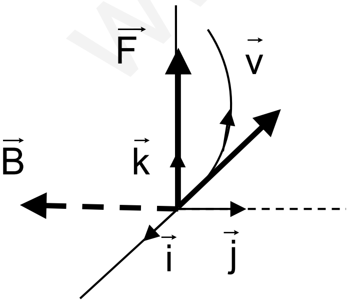
$$r = \frac{m\,v}{q\,B} = \frac{9{,}1\ 10^{-31}\,kg\ .1{,}5\,10^{6}\,\frac{m}{s}}{1{,}6\,10^{-19}\ C\ .10\ T} = 8{,}5\,10^{-7}\,m = 0{,}85\ \mu m$$

b) Un protón (carga positiva) experimentará una fuerza $\vec{F} = q\,(\vec{v} \wedge \vec{B})$ dirigida en el sentido negativo del eje Z y, por tanto, girará en el plano XZ en sentido contrario a las agujas del reloj siguiendo una trayectoria circular de radio:




$$r = \frac{m\,v}{q\,B} = \frac{1{,}67\ 10^{-27}\,kg\ .1{,}5\,10^{6}\,\frac{m}{s}}{1{,}6\,10^{-19}\ C\ .10\ T} = 1{,}6\,10^{-3}\,m = 1{,}6\ mm$$

c) Para que un protón describa una trayectoria en el plano XZ puede moverse en sentido positivo del eje X (caso anterior) o en sentido negativo. En este caso (ver figura) la fuerza actuará hacia arriba describiendo una trayectoria de sentido contrario a las agujas del reloj con una velocidad:




$$v = \frac{q\,r\,B}{m} = \frac{1{,}6\,10^{-19}\ C\,.8{,}5\,10^{-7}\,m\,.10\ T}{1{,}67\,10^{-27}\ kg} = 814\ \frac{m}{s}$$

Para que la trayectoria del protón sea idéntica a la del electrón del apartado (b) ***habría que variar el campo magnético***. Por ejemplo, suponiendo que la velocidad se mantiene apuntando en el sentido negativo del eje X el campo magnético debería de apuntar en el sentido positivo del eje Y.

(Oviedo. 2016-2017/ 3.2)

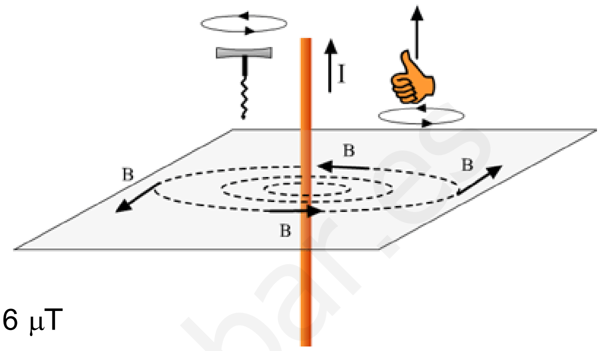
Calcule el módulo de la inducción de campo magnético generado por una corriente de 3 A que recorre un conductor rectilíneo, en un punto situado a 10 cm de él.

¿Qué fuerza experimenta una carga de 20 $\mu$C que se mueve a una distancia de 10 cm, paralelamente a él en el mismo sentido que la corriente eléctrica a una velocidad de $10^5$ m/s? ¿Será de atracción o repulsión?

DATOS: $\mu_0 = 4\pi\ 10^{-7}$ N $A^{-2}$

**Solución:**

a) Un hilo crea un campo magnético cuyas líneas de fuerza son circunferencias concéntricas al hilo y situadas en un plano perpendicular al conductor. El campo magnético es tangente a estas circunferencias. Su sentido es el de un sacacorchos que avanza en el sentido de la corriente (ver figura). El campo magnético de un hilo se calcula a partir de la ecuación:



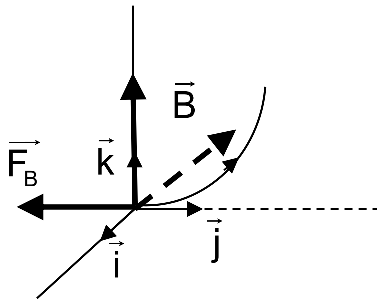

$$B = \frac{\mu}{2\pi}\frac{I}{r} = \frac{4\,\cancel{\pi}\,10^{-7}\,\frac{N}{\cancel{A^2}}\,3\,\cancel{A}}{2\,\cancel{\pi}\,0,10\ m} = 6,0\ 10^{-6}\ T = 6\ \mu T$$

b) La fuerza qe se ejerce sobre una carga eléctrica que se mueve con velocidad *v* en el seno de un campo magnético *B,* viene dada por (fuerza de Lorentz):

$$F = q\,v\,B = 2,0\,10^{-5}C\ \ .10^5\,\frac{m}{s}\ .6,0\,10^{-6}T = 1,2\,10^{-5}\ N$$

$$\vec{F} = -\left(1,2\,10^{-5}\right)\vec{j}\,(N)$$

Si suponemos que dirección y sentido de la velocidad de la carga es según la dirección positiva del eje Z y que el campo magnético actúa en el sentido negativo del eje X. la fuerza estará dirigida hacia el conductor (atracción). Esto es actçua según el sentido negativo del eje Y.



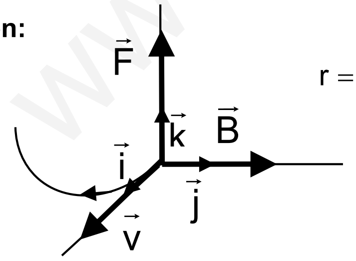

(Oviedo. 2016-2017/ 2.2)

Una carga eléctrica de 5 $10^{-6}$C se mueve en el seno de un campo magnético $\vec{B} = 5\,10^{-3}\,\vec{j}\,(T)$ con velocidad $\vec{v} = 5\,10^3\,\vec{i}\left(m/s\right)$.

a) Calcule la trayectoria (radio de curvatura) que tendrían si su masa es de 5 ng.
b) Calcule el campo eléctrico que se debe aplicar (módulo dirección y sentido) paras que la carga siga con trayectoria rectilínea.

**Solución:**

a)




$$r = \frac{m\,v}{q\,B} = \frac{5\,10^{-12}kg\ .5\,10^3\,\frac{m}{s}}{5\,10^{-6}\ C\ .5\,10^{-3}T} = 1\,m$$

Como la fuerza actúa según la dirección positiva del eje Z describe la trayectoria en el plano XZ y en el mismo sentido que las agujas del reloj.

a) El campo eléctrico deberá de suministrar una fuerza ($F_E$) que anule la debida al campo magnético ($F_B$). Por tanto deberá apuntar en el sentido negativo del eje Z y como la carga es positiva el campo eléctrico tendrá esa misma dirección y sentido.

$$\left.\begin{array}{l} F_E = qE \\ F_B = q\,v\,B \end{array}\right\} qE = q\,v\,B\,; E = v\,B = 5\,10^3\,\frac{m}{s}\ .5\,10^{-3}\ T = 25\,\frac{N}{C}$$

$$\vec{E} = -\,2,5\,10^4\,\vec{k}\left(\frac{N}{C}\right)$$

(Oviedo. 2016-2017/ 1.2)

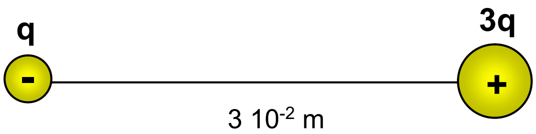
Dos cargas distantes 3 cm, y una con el triple de carga que la otra, se atraen con una fuerza de 30 N.

a) Razone el signo de las cargas y calcule su valor.
b) Calcule el potencial en un punto A que diste 3 cm de cada carga, considerando que la que tiene el triple de carga es la positiva.
c) En estas condiciones, calcule el trabajo realizado por el campo al llevar una carga de $10^{-6}$ C desde ese punto A al centro del segmento que une ambas cargas. Razone el significado de su signo.

DATOS: $K= 9\ 10^{9}$ N m$^2$/C$^2$

**Solución:**

a) Para que la fuerza sea atractiva las cargas han de ser de signo contrario:




$$F = K\frac{3q\,q}{r^2} = 3\,K\frac{q^2}{r^2}\,;\; q = r\sqrt{\frac{F}{3\,K}} = 3\,10^{-2}\,\cancel{m}\sqrt{\frac{30\,\cancel{N}}{3\ .9\,10^{9}\,\frac{\cancel{N}\,\cancel{m^2}}{C^2}}} = 10^{-6}C = 1\,\mu C$$

b)

$$\left.\begin{aligned} V_+ &= K\frac{3\,q}{r} \\ V_- &= K\frac{q}{r} \end{aligned}\right\} V_{Tot} = V_+ + V_- = \frac{Kq}{r}(3-1) = \frac{2\,.9\,10^{9}\,\frac{N\,m^{\cancel{2}}}{C^{\cancel{2}}}\,10^{-6}C}{3\,10^{-2}\,m} = 6\,10^{-5}\,\frac{J}{C}\,(V)$$

c) El trabajo realizado por el campo (fuerza conservativa), valdrá:

$$W = -\,\Delta Ep = -\,q\,(V_2 - V_1) = q\,(V_1 - V_2)$$

En el primer punto $V_1$= 6 $10^{-5}$ V y en el segundo punto, como la distancia es la mitad, valdrá: $V_2$= 12 $10^{-5}$ V. Por tanto:

$$W = q\,(V_1 - V_2) = 10^{-6}\,\cancel{C}\,(6-12)\,\frac{J}{\cancel{C}} = -\,0{,}6\ J$$

El signo negativo indica que para ir del primer punto al segundo, aumenta la energía potencial y, en consecuencia, la carga no irá espontáneamente. Habría que darle esa diferencia de energía. Efectivamente, es una carga positiva que se ha de llevar desde un potencial de 6 $10^{-5}$ V a otro más positivo de 12 $10^{-5}$ V.

(Oviedo. 2015-2016/ 8.2)

Calcule el valor del campo magnético creado por un hilo conductor largo y rectilíneo por el que circula una corriente de 100 A a una distancia de 5 cm del mismo.
Repite el cálculo para una corriente de 10 A y para otra de 50 A, también a una distancia de 5 cm del hilo conductor. Explica la relación que hay entre los diferentes valores del campo magnético y la corriente en el hilo.

DATOS: $\mu$0= 4$\pi$ 10 $^{-7}$ N A$^{-2}$

**Solución:**

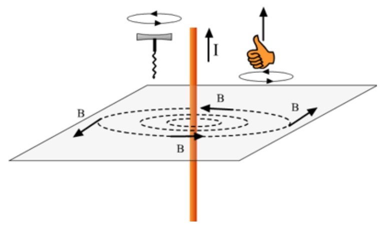
a)

$$B_{100} = \frac{\mu}{2\,\pi}\,\frac{I}{r} = \frac{4\,\cancel{\pi}10^{-7}\,\frac{N}{A^{\cancel{2}}}\,100\,\cancel{A}}{2\,\cancel{\pi}\,0{,}05\ m} = 4{,}0\ 10^{-4}\ T = 0{,}4\ mT$$

b)

$$B_{10} = \frac{\mu}{2\,\pi}\,\frac{I}{r} = \frac{4\,\cancel{\pi}10^{-7}\,\frac{N}{A^{\cancel{2}}}\,10\,\cancel{A}}{2\,\cancel{\pi}\,0{,}05\ m} = 4{,}0\ 10^{-5}\ T = 0{,}04\ mT$$

$$B_{50} = \frac{\mu}{2\,\pi}\,\frac{I}{r} = \frac{4\,\cancel{\pi}10^{-7}\,\frac{N}{A^{\cancel{2}}}\,50\,\cancel{A}}{2\,\cancel{\pi}\,0{,}05\ m} = 2{,}0\ 10^{-4}\ T = 0{,}2\ mT$$




Los valores son directamente proporcionales a la intensidad de corriente.

(Oviedo. 2015-2016/ 7.2)

El eje de una bobina de N= 200 espiras circulares de radio R=0,2 m es paralelo a un campo magnético uniforme de valor B=0,25 T. Calcula la fuerza electromotriz inducida en los extremos de la bobina, cuando durante un intervalo de tiempo Δt = 100 ms, y de forma lineal, se duplica el campo magnético.

**Solución:**

$$\left.\begin{array}{l} \varepsilon = -N\,\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t} \\ \phi = B\,.\,S.\cos\alpha = B.\,S \\ \Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 = (B_2 - B_1)S = \Delta B\,.\,S \end{array}\right\}\varepsilon = -N\,\frac{\Delta B\,.\,S}{t}$$

$$S = \pi\, r^2 = 4\;10^{-2}\pi\,(m^2)$$

$$\varepsilon = -N\,\frac{\Delta B\,.\,S}{t} = -200\;\frac{(0,50-0,25)\;T\,.\left(4,0\;10^{-2}\pi\right)m^2}{0,1\,s} = -62,8\;V$$

El signo menos se debe a que el flujo crece, con lo que la corriente inducida será tal que el campo magnético propio se opone al campo exterior.

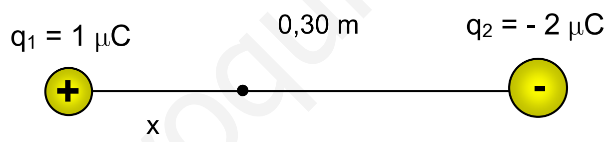
(Oviedo. 2015-2016/ 5.3)

a) Considera dos cargas puntuales fijas $q_1$= 1 μC y $q_2$= - 2 μC separadas una distancia d= 30 cm. Determina la distancia a $q_1$ del punto sobre la recta que une ambas cargas donde el potencial eléctrico es nulo.
b) ¿Es también nulo allí el campo eléctrico? En caso contrario calcula su valor.

DATOS: K= 9 10 $^9$ N m$^2$/C$^2$

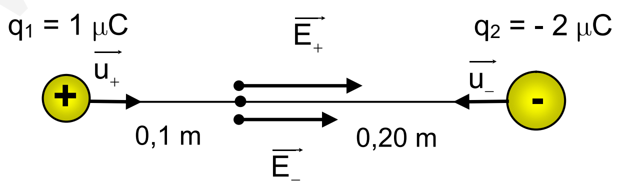
**Solución:**

a)




$$\left.\begin{array}{l} V_1 = K\,\dfrac{q_1}{x} \\ V_2 = K\,\dfrac{q_2}{(d-x)} \end{array}\right\} V_{Tot} = V_1 + V_2 = K\,q\left(\frac{1}{x} - \frac{2}{d-x}\right) = 0\,;\; x = 0,1\,m$$

b)




$$\left.\begin{array}{l} \vec{E}_1 = K\,\dfrac{q_1}{r_1^2}\,(\vec{i}) \\ \vec{E}_2 = K\,\dfrac{q_2}{r_2^2}\,(-\vec{i}) \end{array}\right\} \overrightarrow{E_{Tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = K\left(\frac{q_1}{r_1^2} - \frac{q_2}{r_2^2}\right)(\vec{i})$$

$$\overrightarrow{E_{Tot}} = 9\,10^9\,\frac{N\,\cancel{m^2}}{\cancel{C^2}}\left(\frac{10^{-6}}{0,1^2} + \frac{2\,10^{-6}}{0,2^2}\right)\frac{\cancel{C}}{\cancel{m^2}}\,(\vec{i}) = 1,35\;10^6\,(\vec{i})\,\frac{N}{C}$$

(Oviedo. 2015-2016/ 4.2)

Un campo magnético de 0,25 T forma un ángulo de $30^0$ con el eje de una bobina circular de 300 espiras y radio 4 cm.

a) Calcula el flujo magnético a través de la bobina.
b) Hallar la fuerza electromotriz inducida en la bobina si el campo magnético desciende linealmente a cero en un tiempo de 2,5 s.

**Solución:**

a) $\phi = (N)\,B\,S\cos\alpha = 300\,.0{,}25\,T\,.\pi\left(4\,10^{-2}\right)^2 m^2\cos\left(30^0\right) = 0{,}33\,T\,m^2\,(Wb)$

b) $\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{(\phi_2-\phi_1)}{\Delta t} = \frac{\phi_1}{\Delta t} = \frac{0{,}33\,Tm^2}{2{,}5\,s} = 0{,}13\,V$ Fuerza electromotriz positiva ya que se corresponde con un flujo decreciente.

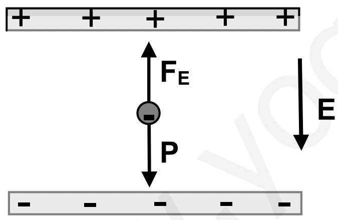
(Oviedo. 2015-2016/ 2.2)

Una estudiante de Física está trabajando en el laboratorio con dos placas metálicas de gran superficie colocadas de forma horizontal y paralelas. La separación de ambas placas es de 5 cm y tienen cargas iguales pero de signo contrario, de modo que el campo eléctrico entre las mismas puede considerarse constante. La chica observa que al colocar un electrón (me= 9,1 $10^{-31}$ kg y su carga qe= - 1,6 $10^{-19}$ C) en el centro, permanece en reposo,

a) Dibuja un esquema con las fuerzas que actúan sobre el electrón e indica su origen. Razona cual será el signo de la carga en cada placa.
b) Calcula el valor del campo eléctrico en el punto donde está situado el electrón.
c) Determina la diferencia de potencial entre las placas.

**Solución:**

a)




Sobre el electrón actuará la fuerza de gravedad (peso). Por tanto para que permanezca en equilibrio la fuerza debida al campo eléctrico deberá de actuar hacia arriba. Dado que el electrón tiene carga negativa el campo deberá de apuntar hacia abajo. Por tanto, la placa superior estará cargada positivamente y la inferior negativamente.

b) Para que exista equilibrio:

$$\left.\begin{array}{l} F_E = q\,E \\ P = m\,g \end{array}\right\} F_E = P\,;\,q\,E = m\,g\,;\,E = \frac{m\,g}{q} = \frac{9{,}1\ 10^{-31}kg\,10\,\frac{m}{s^2}}{1{,}6\,10^{-19}C} = 5{,}7\ \ 10^{-11}\,\frac{N}{C}$$

c) $V = E\,d = 5{,}7\,10^{-11}\,\frac{N}{C}\,.5\,10^{-2}m = 2{,}9\,10^{-12}\,\frac{J}{C}\,(V)$

Oviedo. 2015-2016/ 1.3)

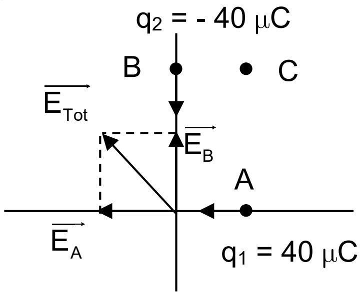
Un campo eléctrico está creado por dos cargas una denominada $q_1$= 40 μC situada en el punto A (2, 0) m y otra $q_2$= - 40 μC situada en el punto B (0, 4) m. Determina:

a) El vector campo eléctrico creado por ambas cargas en el origen de coordenadas, así como su módulo.
b) El potencial eléctrico en el origen de coordenadas y en el punto C (2, 4) m.
c) El trabajo que realiza el campo para trasladar una carga de 20 μC desde el origen de coordenadas al punto C.

DATOS: K= 9 10 $^9$ N m$^2$/C$^2$

**Solución:**

a)




$$\vec{E_1} = K\frac{q_1}{r_1^2}\left(\vec{i}\right) = 9\,10^9\frac{N\,\cancel{m^2}}{C^{\cancel{2}}}\frac{40\,10^{-6}\,\cancel{C}}{2^2\,\cancel{m^2}}\left(-\vec{i}\right) = -9\,10^4\,\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E_2} = K\frac{q_2}{r_2^2}\left(-\vec{j}\right) = 9\,10^9\frac{N\,\cancel{m^2}}{C^{\cancel{2}}}\frac{-40\,10^{-6}\,\cancel{C}}{4^2\,\cancel{m^2}}\left(-\vec{j}\right) = 2{,}25\,10^4\,\vec{j}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E}_{Tot} = \vec{E_1} + \vec{E_2} = -9\,10^4\,\vec{i} + 2{,}25\,10^4\,\vec{j}\,\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$E_{Tot} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\left(9\,10^4\right)^2 + \left(2{,}25\,10^4\right)^2\left(\frac{N}{C}\right)^2} = 9{,}3\,10^4\left(\frac{N}{C}\right)$$

b)

$$\left.\begin{array}{l} V_1 = K\dfrac{q_1}{r_1} \\ V_2 = K\dfrac{q_2}{r_2}\end{array}\right\} V_O = V_1 + V_2 = K\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2}\right) = 9\,10^9\,\frac{N\,m^{\cancel{2}}}{C^{\cancel{2}}}\left(\frac{40\,10^{-6}}{2} - \frac{40\,10^{-6}}{4}\right)\frac{\cancel{C}}{\cancel{m}} = 9\,10^4\,\frac{J}{C}\,(V)$$

c)

$$\left.\begin{array}{l} V_1 = K\dfrac{q_1}{r_1} \\ V_2 = K\dfrac{q_2}{r_2}\end{array}\right\} V_C = V_1 + V_2 = K\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2}\right) = 9\,10^9\,\frac{N\,m^{\cancel{2}}}{C^{\cancel{2}}}\left(\frac{40\,10^{-6}}{4} - \frac{40\,10^{-6}}{2}\right)\frac{\cancel{C}}{\cancel{m}} = -9\,10^4\,\frac{J}{C}\,(V)$$

$$W = -\Delta E_p = -q\,(V_2 - V_1) = q\,(V_1 - V_2) = q\,(V_O - V_C) = 20\,10^{-6}\,\cancel{C}\,1{,}8\,10^5\,\frac{J}{\cancel{C}} = 3{,}6\ J$$

El campo realiza trabajo positivo, lo que indica que la energía potencial al ir desde el origen al punto C disminuye, con lo que la carga podrá ir espontáneamente. Es una carga positiva que va de un potencial positivo a otro negativo.

(Oviedo. 2014-2015/ 3.3)

a) Definición de electrón voltio. Deduce su valor en el sistema internacional a partir de *e*, la magnitud de la carga del electrón ($1{,}6\ 10^{-19}$ C).
b) Un núcleo tiene una carga positiva de 50*e*, siendo *e* la magnitud de la carga del electrón. Determinar la energía potencial de un electrón situado a una distancia de $2\ 10^{-10}$ m de dicho núcleo expresada en Julios y el electrón voltios.

DATOS: K= $9\ 10^{9}$ N $m^2/C^2$

**Solución:**

a) El electrón voltio es una unidad de energía. Se define como la energía que adquiere un electrón sometido a una diferencia de potencial de 1 V:

$$W = -\Delta E_p = -q\,\Delta V = -(-1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{C}\ 1\frac{J}{\cancel{C}}) = 1{,}6\,10^{-19}\ J\,;\ \boxed{1\,eV = 1{,}6\,10^{-19}\ J}$$

El campo eléctrico realiza trabajo positivo, lo que implica que la energía potencial del electrón disminuye, por tanto la energía potencial se transforma en energía cinética que adquiere el electrón.

b)
$$Ep = K\,\frac{Q\,q}{r} = 9\,10^{9}\,\frac{N\,m^{\cancel{2}}}{\cancel{C^2}}\,\frac{(50\,e)\,e\,\cancel{C^2}}{2\,10^{-10}\,\cancel{m}} = 5{,}8\,10^{-17}\,J\,;\,5{,}8\,10^{-17}\,\cancel{J}\,\frac{1\,eV}{1{,}6\,10^{-19}\,\cancel{J}} = 362{,}5\ eV$$

(Oviedo. 2014-2015/ 1.3)

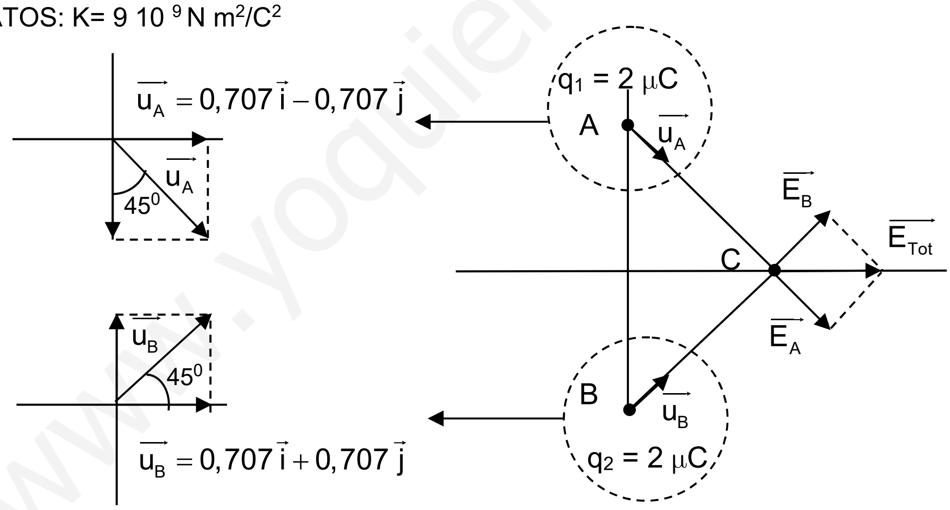
Considera una carga puntual de 2 μC situada en el punto A (0, 2) y otra del mismo valor situada en el punto B (0, - 2). Si las coordenadas están expresadas en metros, calcula:

a) El vector campo eléctrico en el punto C (2, 0).
b) El potencial eléctrico en el punto C (2, 0).

DATOS: K= $9\ 10^{9}$ N $m^2/C^2$

**Solución:**

a)




$$\vec{E_A} = K\,\frac{q_A}{r_A^2}\left(\vec{u_A}\right) = 9\,10^{9}\frac{N\,\cancel{m^2}}{\cancel{C^2}}\,\frac{2\,10^{-6}\,\cancel{C}}{8\,\cancel{m^2}}\left(0{,}707\,\vec{i} - 0{,}707\,\vec{j}\right) = 1590{,}8\,\vec{i} - 1590{,}8\,\vec{j}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E_B} = K\,\frac{q_B}{r_B^2}\left(\vec{u_B}\right) = 9\,10^{9}\frac{N\,\cancel{m^2}}{\cancel{C^2}}\,\frac{2\,10^{-6}\,\cancel{C}}{8\,\cancel{m^2}}\left(0{,}707\,\vec{i} + 0{,}707\,\vec{j}\right) = 1590{,}8\,\vec{i} + 1590{,}8\,\vec{j}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E}_{Tot} = \vec{E_1} + \vec{E_2} = 3181{,}6\,\vec{i}\ \left(\frac{N}{C}\right)$$

b)
$$\left.\begin{aligned} V_A &= K\,\frac{q_A}{r_A} \\ V_B &= K\,\frac{q_B}{r_B} \end{aligned}\right\} V_C = V_A + V_B = K\left(\frac{q_A}{r} + \frac{q_B}{r}\right) = 9\,10^{9}\,\frac{N\,m\cancel{^2}}{C\cancel{^2}}\left(\frac{2\,.\,2\,10^{-6}}{\sqrt{8}}\right)\frac{\cancel{C}}{m} = 12\,728\,\frac{J}{C}\,(V)$$

(Oviedo. 2013-2014/ 7.3)

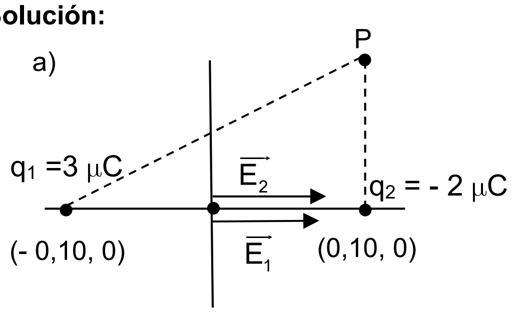
Dos partículas puntuales de cargas $q_1$= 3 μC y $q_2$= - 2 μC están situadas respectivamente en los puntos de coordenadas (-a, 0) y (a, 0) con a= 10 cm.

a) Determina el campo electrostático E (módulo dirección y sentido) en el punto (0,0).
b) Qué trabajo tendremos que realizar para, en presencia de las cargas citadas, trasladar una carga puntual q= 2 μC desde el punto (0,0) al punto (a, a)

DATOS: K= 9 $10^{9}$ N $m^2/C^2$

**Solución:**

a)




$$\vec{E_1} = K\frac{q_1}{r_1^2}\left(\vec{u_1}\right) = 9\,10^9 \frac{N\,\cancel{m^2}}{\cancel{C^2}}\frac{3\,10^{-6}\,\cancel{C}}{0{,}10^2\,\cancel{m^2}}\vec{i} = 2{,}7\,10^6\,\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E_2} = K\frac{q_2}{r_2^2}\left(\vec{u_2}\right) = 9\,10^9 \frac{N\,\cancel{m^2}}{\cancel{C^2}}\frac{-2\,10^{-6}\,\cancel{C}}{0{,}10^2\,\cancel{m^2}}\left(-\vec{i}\right) = 1{,}8\,10^6\,\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E}_{Tot} = \vec{E_1} + \vec{E_2} = 4{,}5\,10^6\,\vec{i}\ \left(\frac{N}{C}\right)$$

b)

$$\left.\begin{array}{l} V_1 = K\dfrac{q_1}{r_1} \\ V_2 = K\dfrac{q_2}{r_2} \end{array}\right\} V_0 = V_1 + V_2 = K\left(\frac{q_1+q_2}{r}\right) = 9\,10^9\,\frac{N\,m\cancel{^2}}{C\cancel{^2}}\left(\frac{3\,10^{-6} - 2\,10^{-6}}{0{,}10}\right)\frac{\cancel{C}}{\cancel{m}} = 9\,10^4\,\frac{J}{C}\,(V)$$

$$V_P = V_1 + V_2 = K\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2}\right) = 9\,10^9\,\frac{N\,m\cancel{^2}}{C\cancel{^2}}\left(\frac{3\,10^{-6}}{0{,}224} - \frac{2\,10^{-6}}{0{,}10}\right)\frac{\cancel{C}}{\cancel{m}} = -6\,10^4\,\frac{J}{C}\,(V)$$

$$W = q\,(V_1 - V_2) = 2\,10^{-6}\ \cancel{C}\ (9\,10^4 + 6\,10^4)\frac{J}{\cancel{C}} = 0{,}3\ J$$

El campo realiza un trabajo de 0,3 J. Como el trabajo es positivo indica que la energía potencial disminuye. La carga se desplaza desde un punto con potencial positivo a otro con potencial negativo. La carga correrá espontáneamente adquiriendo 0,3 J de energía cinética.

(Oviedo. 2013-2014/ 5.3)

Un electrón entra en una región del espacio en la que existe un campo eléctrico uniforme, paralelo al eje OX y de intensidad $\vec{E} = 1000\,\vec{i}$ (V/m). La velocidad del electrón es paralela al eje OY y de valor $\vec{v} = 1000\,\vec{j}$ m/s

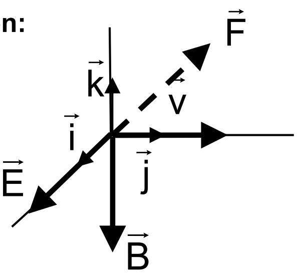
a) Calcular la fuerza eléctrica sobre el electrón. Exprésala vectorialmente o indica su módulo, dirección y sentido.
b) La fuerza eléctrica sobre el electrón puede anularse mediante una fuerza producida por un campo magnético superpuesto al anterior en esa región del espacio. Determinar la expresión vectorial de este campo ***B,*** o bien indica su módulo, dirección y sentido.

DATOS: qe = - 1,6 $10^{-19}$ C; me = 9,1 $10^{-31}$ kg

**Solución:**

a)

b)




$$\vec{F} = q\,\vec{E} = -1{,}6\,10^{-19}\ C\,.1000\,\vec{i}\,\frac{m}{s} = -1{,}6\,10^{-16}\,\vec{i}\ (N)$$

La fuerza debida al campo magnético ($F_B$) ha de ser idéntica en módulo y dirección, pero de sentido contrario a la debida al campo eléctrico ($F_E$). Por tanto el campo magnético deberá de actuar según la dirección del eje Z y en sentido negativo.

$$F_B = F_E = q\,v\,B$$

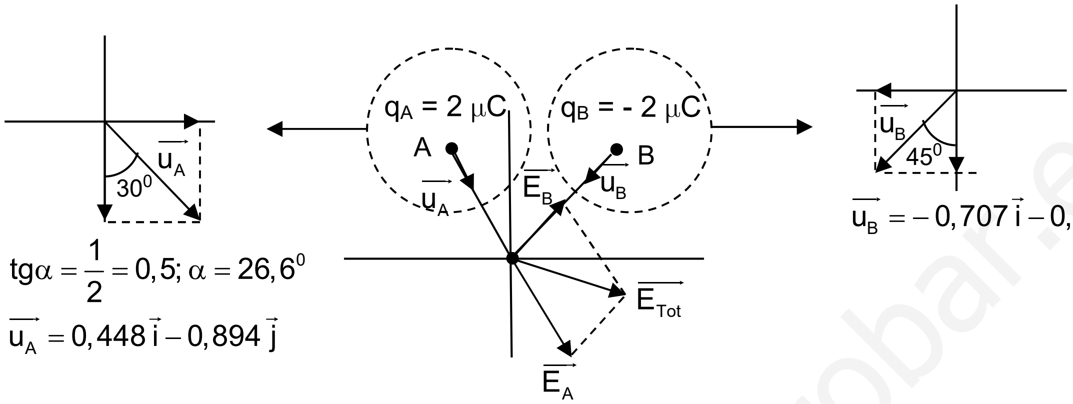
$$F_E = q\,v\,B\,;\,B = \frac{F_E}{q\,v} = \frac{1{,}6\,10^{-16}N}{1{,}6\,10^{-19}C\,10^3\,\dfrac{m}{s}} = 1\,T\,;\ \vec{B} = -\vec{k}\,(T)$$

(Oviedo. 2013-2014/ 3.3)

Una carga de 2 μC se encuentra en el punto A (-1, 2) y otra de - 2 μC se encuentra en el punto B (2, 2). Calcula el vector campo eléctrico total E en el origen si los valores de todas las coordenadas están expresados en metros.

DATOS: K= 9 10 $^9$ N m$^2$/C$^2$

**Solución:**




$$tg\alpha = \frac{1}{2} = 0,5;\ \alpha = 26,6^0$$

$$\overrightarrow{u_A} = 0,448\,\vec{i} - 0,894\,\vec{j}$$

$$\overrightarrow{u_B} = -0,707\,\vec{i} - 0,707\,\vec{j}$$

$$\overrightarrow{E_A} = K\frac{q_A}{r_A^2}\left(\overrightarrow{u_A}\right) = 9\,10^9 \frac{N\,\cancel{m^2}}{\cancel{C^2}}\frac{2\,10^{-6}\,\cancel{C}}{5\,\cancel{m^2}}\left(0,448\,\vec{i} - 0,894\,\vec{j}\right) = 1612\,\vec{i} - 3218\,\vec{j}\,\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\overrightarrow{E_B} = K\frac{q_B}{r_B^2}\left(\overrightarrow{u_B}\right) = 9\,10^9 \frac{N\,\cancel{m^2}}{\cancel{C^2}}\frac{-2\,10^{-6}\,\cancel{C}}{8\,\cancel{m^2}}\left(-0,707\,\vec{i} - 0,707\,\vec{j}\right) = 1591\,\vec{i} + 1591\,\vec{j}\,\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E}_{Tot} = \overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2} = 3203\,\vec{i} - 1627\,\vec{j}\,\left(\frac{N}{C}\right)$$

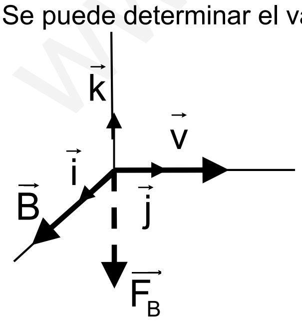
(Oviedo. 2013-2014/ 1.3)

Un protón con una energía cinética de 1 eV se mueve en dirección perpendicular a un campo magnético de 1,5 T. Calcula el valor de la fuerza que actúa sobre él, sabiendo que su masa es de de 1,76 10$^{-27}$ kg y su carga 1,6 10$^{-19}$ C.

**Solución:**

Supongamos que la orientación de la velocidad y el campo magnético actuante son los que se indican en la figura. La fuerza que actúa sobre el protón (carga positiva) estará dirigida según el eje Z y hacia abajo.

Se puede determinar el valor de su velocidad a partir del dato de su energía cinética:




$$E_c = 1\,\cancel{eV}\,\frac{1,6\,10^{-19}\,J}{1\,\cancel{eV}} = 1,6\,10^{-19}\,J$$

$$E_c = \frac{1}{2}m\,v^2\,;\ v = \sqrt{\frac{2\,E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2\ .1,6\,10^{-19}\,J}{1,76\,10^{-27}\,kg}} = 13\,484\,\frac{m}{s}$$

El módulo de la fuerza debida al campo magnético será:

$$F_B = q\,v\,B = 1,6\,10^{-19}\,C\ .13\,484\,\frac{m}{s}\ .1,5\,T = 3,24\,10^{-15}N$$

En forma vectorial:

$$\vec{F}_B = -3,24\,10^{-15}\,\vec{k}\,(N)$$

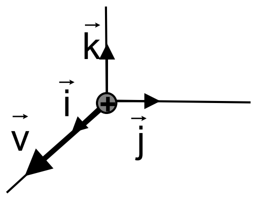
(Oviedo. 2012-2013/ 8.3)

Una carga puntual positiva q= 1,6 $10^{-19}$ C se mueve con una velocidad $\vec{v} = 200\,\vec{i}$ m/s y penetra en una región donde existe un campo magnético $\vec{B} = 0,2\,\vec{i} + 0,5\,\vec{j} + 0,3\,\vec{k}$ . Calcula:

a) La expresión de la fuerza que el campo magnético ejerce sobre la carga.
b) La expresión del campo eléctrico ***E*** que debería de existir en la región para que la carga siguiera su movimiento con velocidad constante.

**Solución:**

a) Se puede resolver haciendo por separado los productos del vector velocidad con cada una de las componentes del vector campo magnético:




El producto vectorial de la velocidad por la componente X de B es nulo ya que tienen la misma dirección.

El producto vectorial de la velocidad por la componente Y de B llevará la dirección del eje Z y sentido positivo.

El producto vectorial de la velocidad por la componente Z de B llevará la dirección del eje Y y sentido negativo.

$$F_Z = q\,v\,B_Y = q\,(C).200\,\frac{m}{s}.0,5\,T = 100\,q\,(N)\,;\,\vec{F_z} = (100\,q)\,\vec{k}\,(N)$$

$$F_Y = q\,v\,B_Z = q\,(C).200\,\frac{m}{s}.0,3\,T = 60\,q\,(N)\,;\,\vec{F_Y} = -(60\,q)\,\vec{j}\,(N)$$

$$\vec{F_B} = -(60\,q)\,\vec{j} + (100\,q)\,\vec{k}\ \ (N) = -\,9,6\,10^{-18}\vec{j} + 1,6\,10^{-17}\vec{k}\,(N)$$

b) Para que la carga mantenga su velocidad invariable el campo eléctrico deberá de suministrar una fuerza (***F<sub>E</sub>***) que sea igual y contraria a la debida al campo magnético (***F<sub>B</sub>***)

$$\left.\begin{array}{l}\vec{F_B} = -(60\,q)\,\vec{j} + (100\,q)\,\vec{k}\ \ (N)\\ \vec{F_E} = (60\,q)\,\vec{j} - (100\,q)\,\vec{k}\ \ (N)\end{array}\right\}\vec{E} = \frac{\vec{F_E}}{q} = \frac{(60\,\cancel{q})\,\vec{j} - (100\,\cancel{q})\,\vec{k}\ \ (N)}{\cancel{q}} = 60\,\vec{j} - 100\,\vec{k}\ \ (N)$$

El problema también se puede hacer resolviendo el determinante que nos da el vector resultante del producto vectorial de dos vectores:

$$\vec{F} = q\left(\vec{v}\wedge\vec{B}\right) = q\begin{vmatrix}\vec{i} & \vec{j} & \vec{k}\\ 200 & 0 & 0\\ 0,2 & 0,5 & 0,3\end{vmatrix} = q\,(-\,60\,\vec{j} + 100\,\vec{k})$$

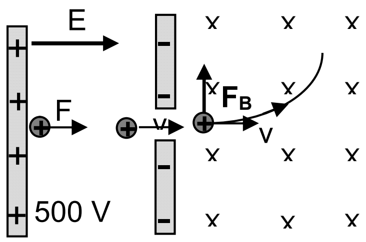
(Oviedo. 2012-2013/ 7.3)

Una partícula de masa m = 2 $10^{-26}$ kg y carga q= 1,6 $10^{-19}$ C, inicialmente en reposo, es acelerada mediante un campo eléctrico uniforme entre dos placas entre las que existe una diferencia de potencial de 500 V. A continuación entra en una región donde existe un campo magnético ***B*** perpendicular a la velocidad ***v*** y de valor B= 0,7. Calcula:

a) La velocidad de la partícula al salir de la zona de campo eléctrico.
b) El radio R de la trayectoria que describe en la región de ***B***.

**Solución:**

a)




$$V = \frac{E_p}{q}\,;\,E_p = V\,q = 500\,\frac{J}{\cancel{C}}\,1,6\,10^{-19}\,\cancel{C} = 8,0\,10^{-17}\,J$$

$$Ec = E_p = \frac{1}{2}m\,v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2\,Ec}{m}} = \sqrt{\frac{2\ .8,0\,10^{-17}\,J}{2\ \ 10^{-26}kg}} = 89\,443\,\frac{m}{s} = 89,4\,\frac{km}{s}$$

b)

$$r = \frac{m\,v}{q\,B} = \frac{2\,10^{-26}kg\ \ .89\,443\,\frac{m}{s}}{1,6\,10^{-19}\ C\ \ .0,7\ T} = 0,016\,m = 1,6\,cm$$

(Oviedo. 2012-2013/ 6.3)

Una carga de 5 μC se desplaza con una velocidad $\vec{v} = 3\,\vec{j}$ (m/s) en el seno de un campo magnético uniforme $\vec{B} = 2\,\vec{i}$ (T).

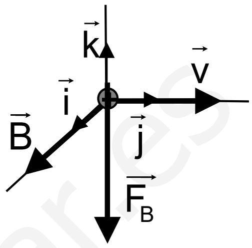
a) Calcula la fuerza (vector) que actúa sobre dicha carga debida al campo magnético.
b) ¿Cuál es la dirección de dicha fuerza respecto de ***v*** y ***B***?

**Solución:**

a)

El módulo de la fuerza debida al campo magnético será:

$$F_B = q\,v\,B = 5\,10^{-6}\,C\ .3\ \frac{m}{s}\ .2\,T = 3\,10^{-5}\,N$$




En forma vectorial:

$$\vec{F}_B = -\,3\,10^{-5}\,\vec{k}\,(N)$$

(Oviedo. 2012-2013/ 3.3)

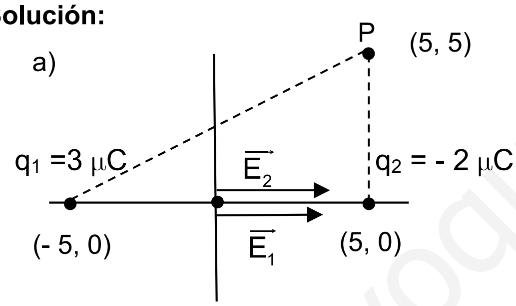
Dos partículas puntuales de carga $q_1$=3 μC y $q_2$= - 2 μC están situadas en los puntos de coordenadas (-5, 0) y (5, 0) respectivamente. Los valores de las coordenadas están expresados en metros.

a) Calcula el campo electrostático ***E*** (módulo, dirección y sentido) en el origen de coordenadas.
b) Determina el trabajo necesario para trasladar la carga $q_3$=2 μC desde el origen, punto (0, 0), hasta el punto (5, 5) estando de nuevo las distancias expresadas en metros.

DATOS: K= 9 10 $^9$ N m$^2$/C$^2$

**Solución:**

a)




$$\vec{E_1} = K\,\frac{q_1}{r_1^2}\left(\vec{u_1}\right) = 9\,10^9\,\frac{N\,\cancel{m^2}}{C^{\cancel{2}}}\,\frac{3\,10^{-6}\,\cancel{C}}{5^2\,\cancel{m^2}}\,\vec{i} = 1080\,\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E_2} = K\,\frac{q_2}{r_2^2}\left(\vec{u_2}\right) = 9\,10^9\,\frac{N\,\cancel{m^2}}{C^{\cancel{2}}}\,\frac{-\,2\,10^{-6}\,\cancel{C}}{5^2\,\cancel{m^2}}\left(-\vec{i}\right) = 720\,\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E}_{Tot} = \vec{E_1} + \vec{E_2} = 1800\,\vec{i}\ \left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= K\,\frac{q_1}{r_1} \\ V_2 &= K\,\frac{q_2}{r_2} \end{aligned}\right\} V_0 = V_1 + V_2 = K\left(\frac{q_1 + q_2}{r}\right) = 9\,10^9\,\frac{N\,m^{\cancel{2}}}{C^{\cancel{2}}}\left(\frac{3\,10^{-6} - 2\,10^{-6}}{5}\right)\frac{\cancel{C}}{\cancel{m}} = 1800\,\frac{J}{C}\,(V)$$

$$V_P = V_1 + V_2 = K\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2}\right) = 9\,10^9\,\frac{N\,m^{\cancel{2}}}{C^{\cancel{2}}}\left(\frac{3\,10^{-6}}{11{,}2} - \frac{2\,10^{-6}}{5}\right)\frac{\cancel{C}}{\cancel{m}} = -\,1189{,}3\,\frac{J}{C}\,(V)$$

$$W = -\Delta Ep = q\,(V_1 - V_2) = 2\,10^{-6}\ \cancel{C}\ (1800 + 1189{,}3)\frac{J}{\cancel{C}} = 6\,10^{-3}\,J$$

El campo realiza un trabajo de 6$10^{-3}$ J. Como el trabajo es positivo indica que la energía potencial disminuye. La carga se desplaza desde un punto con potencial positivo a otro con potencial negativo. La carga correrá espontáneamente adquiriendo 6$10^{-3}$ J de energía cinética.

(Oviedo. 2012-2013/ 1.3)

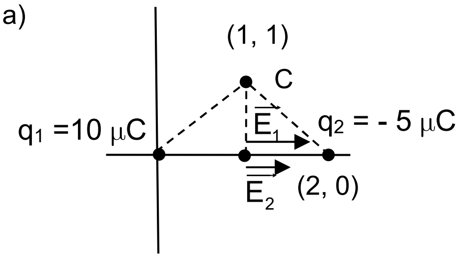
Una carga puntual de 10 μC está situada en el origen *O* de un de sistema de coordenadas cartesianas. Otra carga de - 5 μC está situada en el punto A (2, 0) respectivamente. Si las distancias están expresadas en metros, calcula:

a) El vector campo eléctrico ***E*** en el punto B (1, 0).
b) El potencial electrostático en el punto C (1,1)

DATOS: K= 9 10 $^{9}$ N m$^2$/C$^2$

**Solución:**

a)




$$\vec{E_1} = K\,\frac{q_1}{r_1^2}\left(\vec{u_1}\right) = 9\,10^9 \frac{N\,\cancel{m^2}}{C^2}\,\frac{10\,10^{-6}\,\cancel{C}}{1^2\,\cancel{m^2}}\left(\vec{i}\right) = 9\,10^4\,\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E_2} = K\,\frac{q_2}{r_2^2}\left(\vec{u_2}\right) = 9\,10^9 \frac{N\,\cancel{m^2}}{C^2}\,\frac{-5\,10^{-6}\,\cancel{C}}{1^2\,\cancel{m^2}}\left(-\vec{i}\right) = 4{,}5\,10^4\,\vec{i}\left(\frac{N}{C}\right)$$

$$\vec{E}_{Tot} = \vec{E_1} + \vec{E_2} = 1{,}35\,10^5\,\vec{i}\;\left(\frac{N}{C}\right)$$

b)

$$V_C = V_1 + V_2 = K\left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2}\right) = 9\,10^9\;\frac{N\,m\cancel{^2}}{C\cancel{^2}}\left(\frac{10\,10^{-6}}{\sqrt{2}} - \frac{5\,10^{-6}}{\sqrt{2}}\right)\frac{\cancel{C}}{\cancel{m}} = 31820\,\frac{J}{C}\,(V)$$