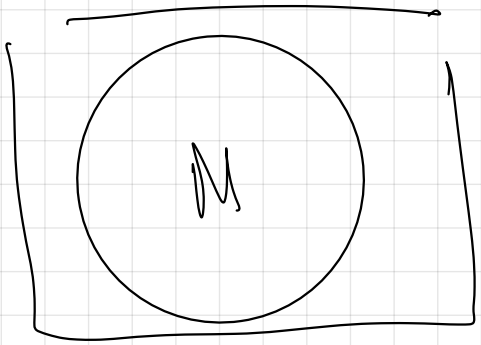
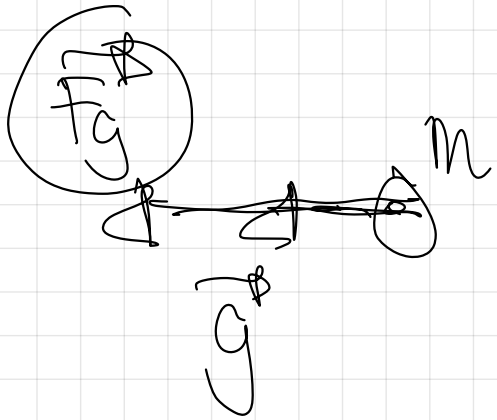
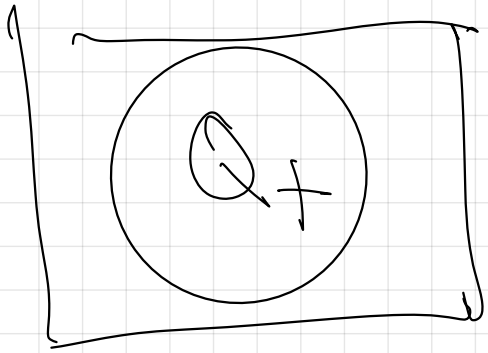
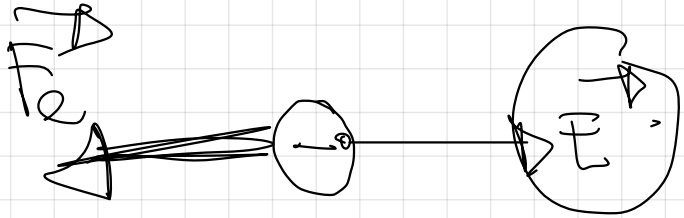
ELECTROMAGNETISMO

CAMPO MAGNÉTICO $\vec{B}$









LIBRO 2ª EVALUACIÓN. PÁGINAS 71-74

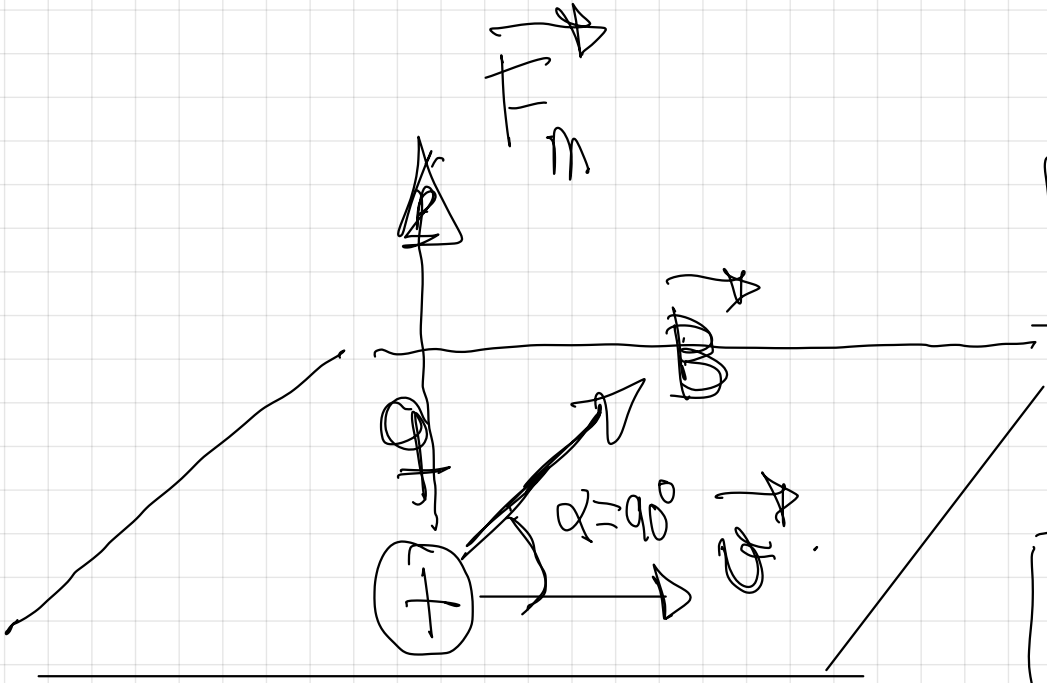
LEY DE LORENTZ

(FUERZA MAGNÉTICA SOBRE UNA CARGA EN MOVIMIENTO)

Campo magnético $\Rightarrow \vec{B}$.

$\vec{g}$

$\vec{E}$



ley de Lorentz.

$\vec{F}_m$.

$$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

CARACTERÍSTICAS DE LA FUERZA

- Módulo

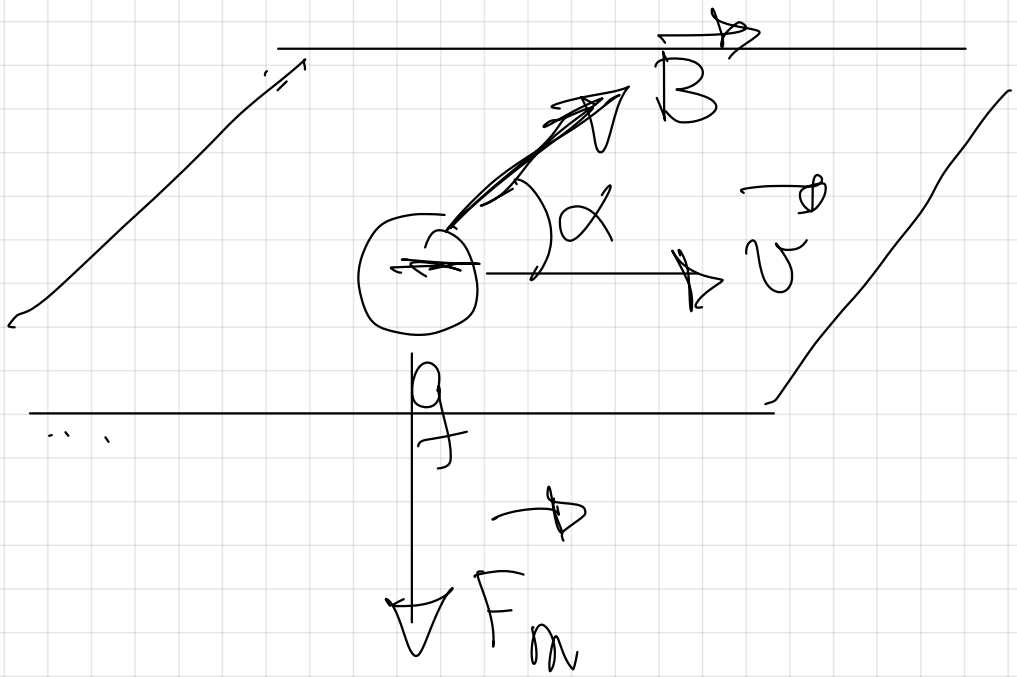
$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} \alpha$$

- Dirección

Perpendicular $\perp$ al plano formado por $\vec{v}$ y $\vec{B}$.

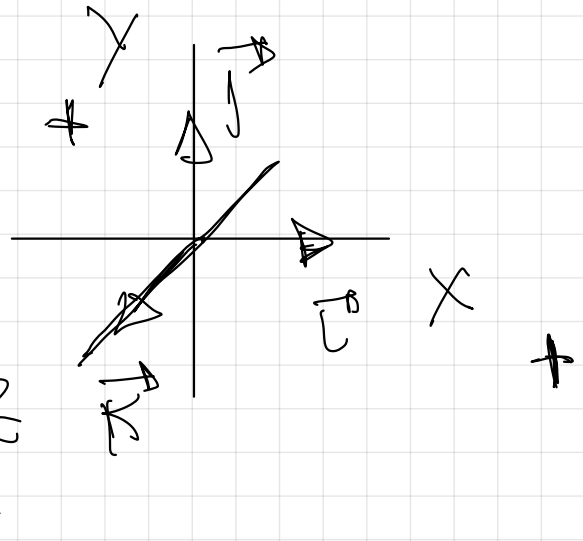
- Sentido

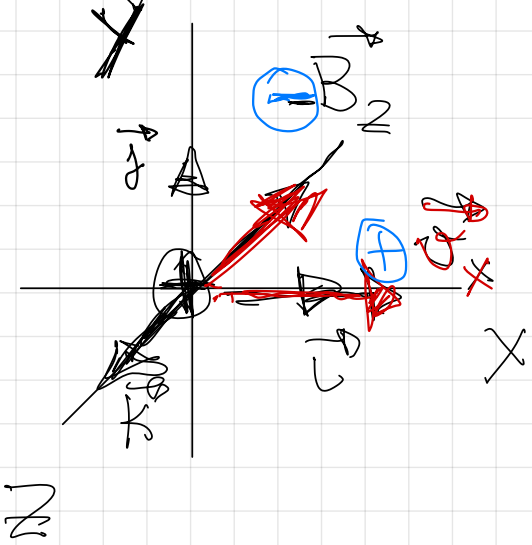
regla de la mano izquierda. Para la carga positiva.



$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} \alpha$

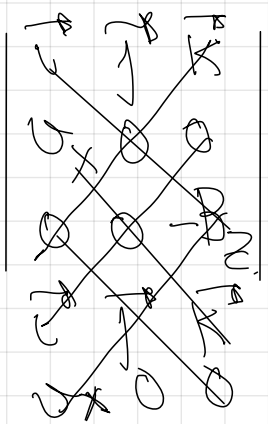
Para la carga negativa la $\vec{F}_m$ tendrá la misma dirección pero sentido contrario al que nos marque la regla de la mano izquierda. (ver libro)





$$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

$$\vec{F}_m = q \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ v_x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B_z \end{vmatrix}$$

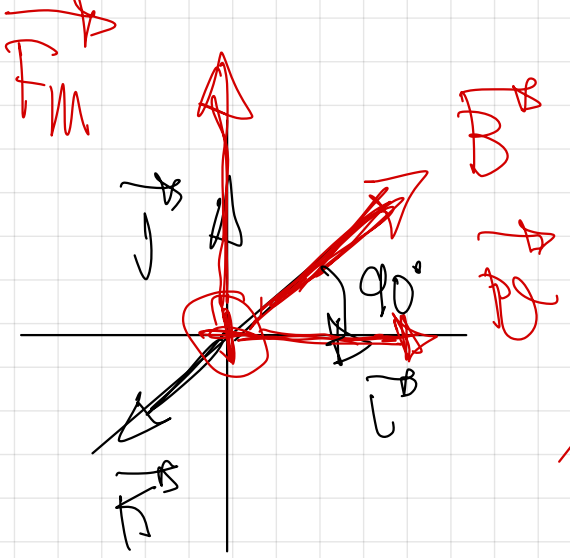


$$= 0 + 0 + 0 - (0 + 0 - B_z \vec{j} \, v_x) = v_x B_z \vec{j}$$

$$\vec{F}_m = q \cdot v_x \cdot B_z \vec{j}$$

$$|\vec{F}_m| = q \cdot v \cdot B \cdot \sin 90^\circ$$

$$F_m = q \cdot v \cdot B$$

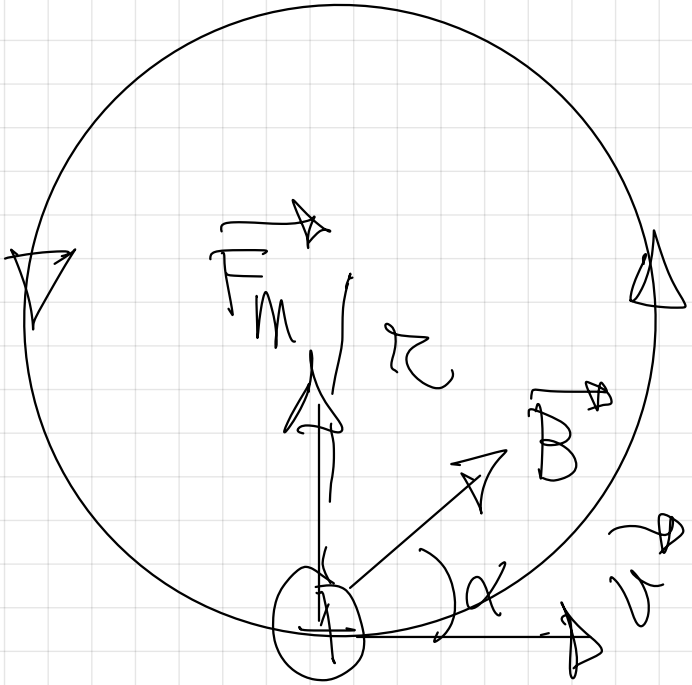


Campo magnético y trayectoria (libro pag 74)

M.C.U.

$$\vec{F_m} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\alpha$$



q · **protón**

$$F_m = F_n$$

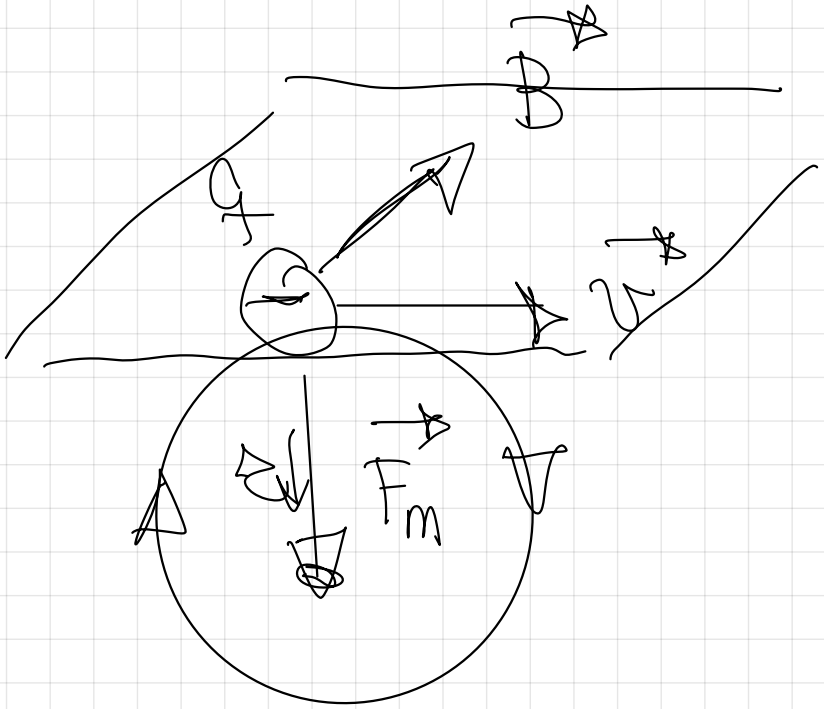
$$q \cdot v \cdot B \operatorname{sen}\alpha = m \cdot a_n$$

$$q \cdot v B \cdot \operatorname{sen} 90^\circ = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

$m_p > m_e$

$r_p > r_e$



electrón

$$F_m = F_n$$

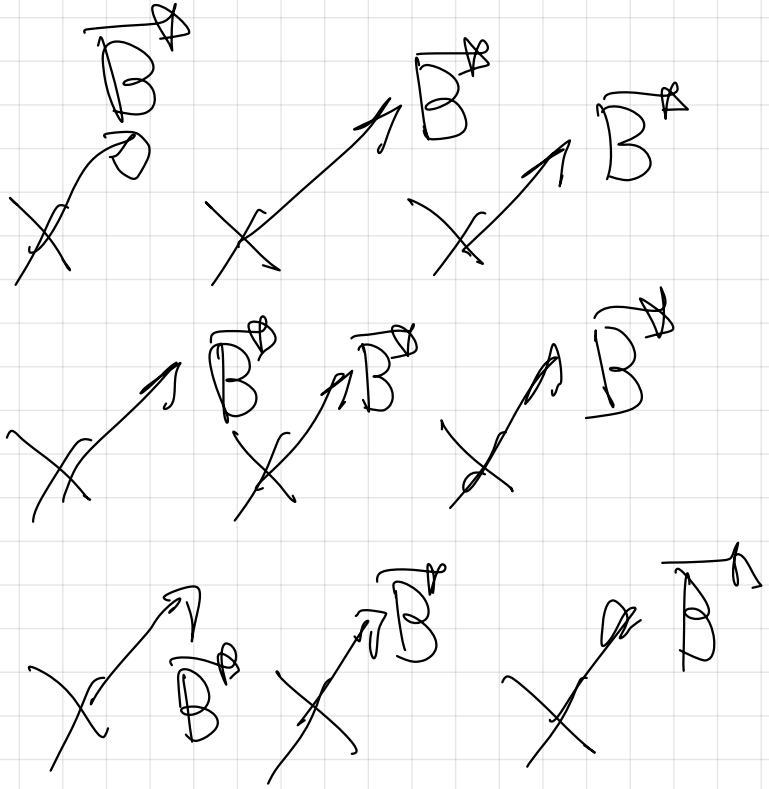
$$q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}(90^\circ) = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

$$r \downarrow$$

$$m_e < m_p$$

$$r_e < r_p$$



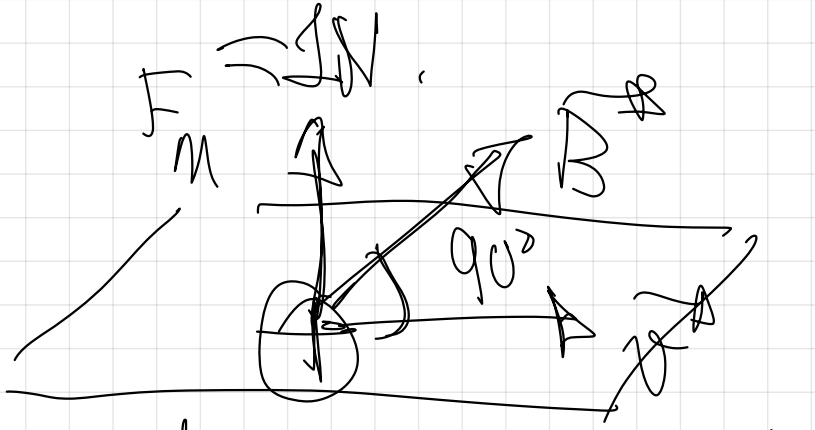
→ Nos indica un campo magnético uniforme $\vec{B}$ que va en sentido entrante.

Unidad del S.I. del campo magnético $\vec{B}$ es el Tesla (T)

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\alpha \rightarrow B = \frac{F_m}{q \cdot v \cdot \operatorname{sen}\alpha}$$

$$1T = \frac{1N}{1C \cdot 1\frac{m}{s} \cdot \operatorname{sen}90^\circ}$$

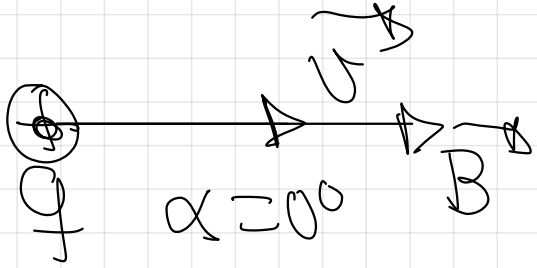
$$T = \frac{1N}{1C \cdot 1\frac{m}{s} \cdot \operatorname{sen}90^\circ}$$



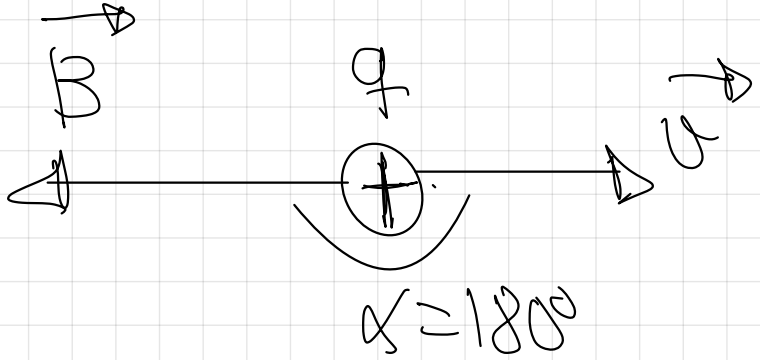
$q = 1C$

$v = 1\frac{m}{s}$

Si la carga q se mueve con velocidad $\vec{v}$ en dirección paralela al campo magnético $\vec{B}$ no aparece fuerza magnética $\vec{F}$ sobre la carga, se daría en los siguientes casos.



$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 0^\circ = 0.$$



$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 180^\circ = 0$$

1.- Un protón, acelerado por una diferencia de potencial de 10^5V, penetra en una región en la que existe un campo magnético uniforme de 2T, perpendicular a su velocidad y de sentido entrante en el papel.

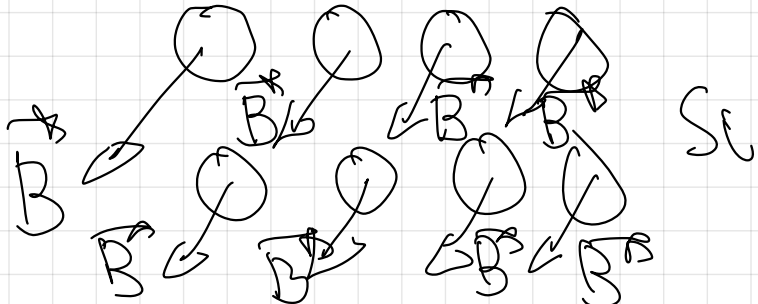
a) Dibuje la trayectoria seguida por la partícula y analice las variaciones de energía del protón desde una situación inicial de reposo hasta encontrarse en el campo magnético

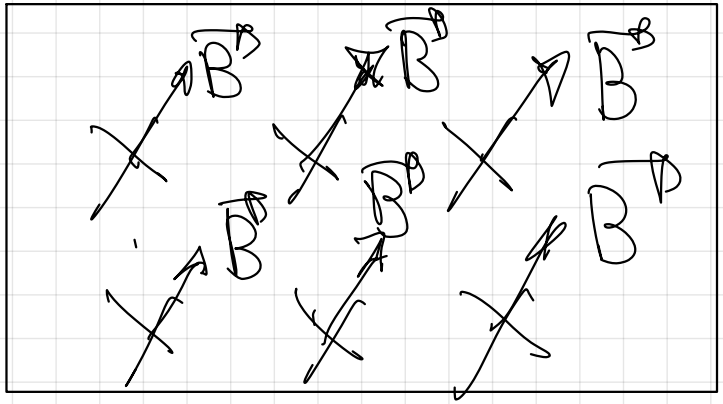
b) Calcule el radio de la trayectoria del protón y su periodo y explique las diferencias que encontraría si se tratara de un electrón que penetrase con la misma velocidad en el campo magnético.

c) Calcule el período del protón. ¿Sería el mismo que el del electrón de igual velocidad?.

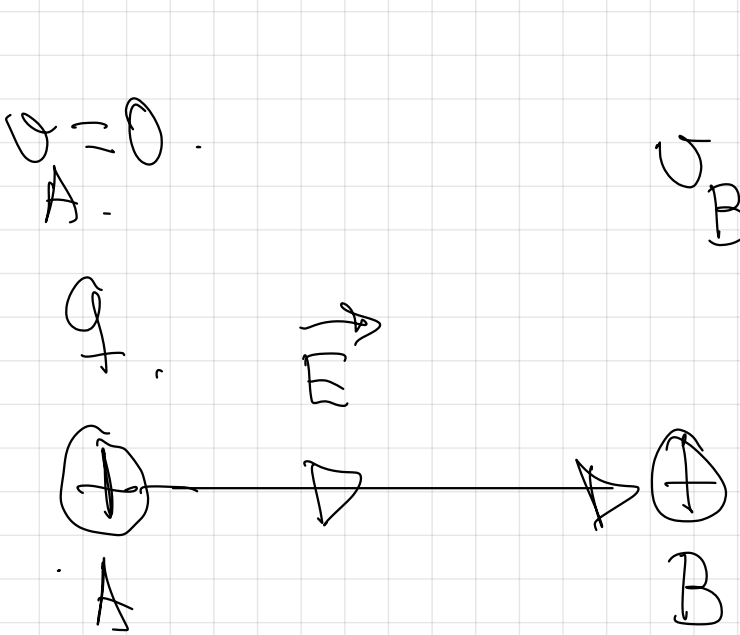
e= $1{,}6\cdot 10^{-19}$C, $m_p=1{,}67\cdot 10^{-27}$ kg, $m_e=9{,}1\cdot 10^{-31}$ kg

Este es el caso!?





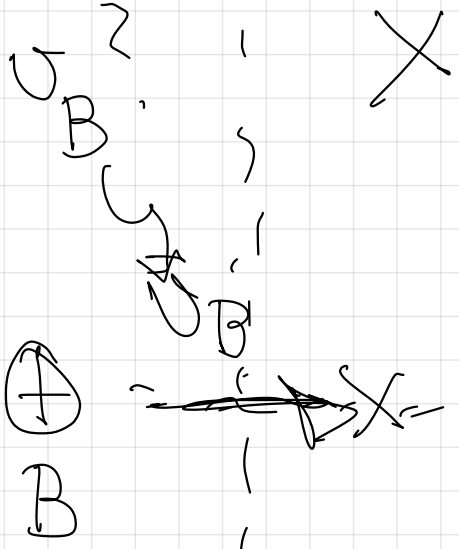
a)

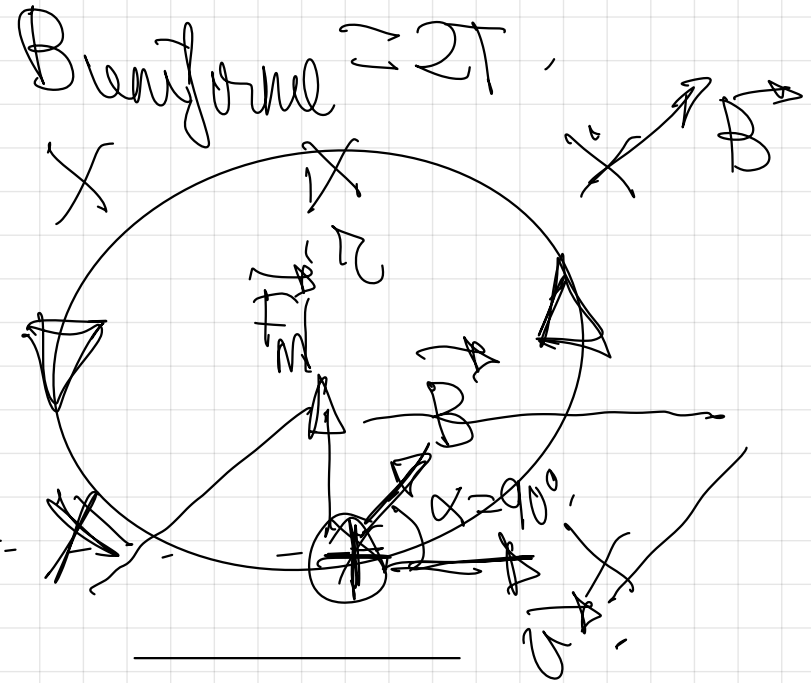


$(V_A - V_B) = 10^5\ V.$

CAMPO ELÉCTRICO

$-\Delta E_{P_{A\to B}} = W_{A\to B} = \Delta E_{C_{A\to B}}$





MCU

sentido anti-horario

CAMPO MAGNÉTICO

$E_c = cte$

La energia cinética no cambia porque la Fm

Disminuye la E_p eléctrica,
aumenta la E_c del patín.
se conserva la E_m

(Fuerza normal) hace cambiar a la velocidad solo en dirección pero no en módulo

$$\boxed{F_n = F_N}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m_p \boxed{v_p^2} \rightarrow \text{cte}$$

$$E_c = \text{cte}$$

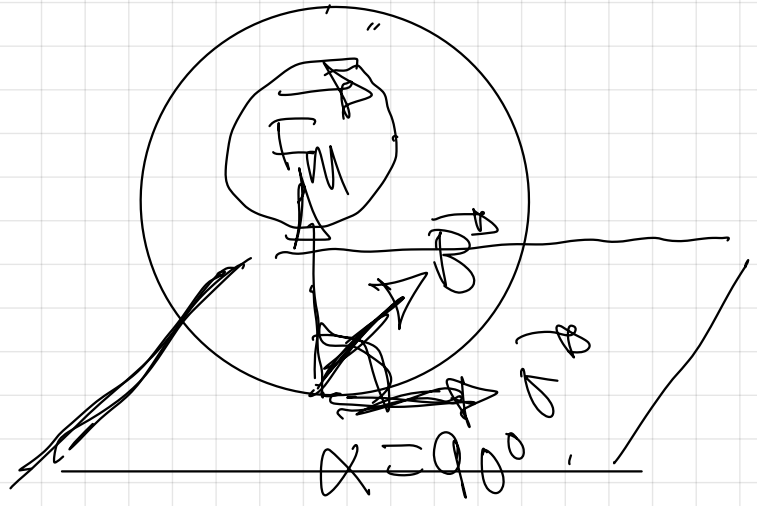
$$\Delta E_{c_{A \to B}} = 0$$

$$W_{A \to B} = \Delta E_{c_{A \to B}} = 0$$

$W_{A \to B} = 0$ | Siempre |

que actúe el campo magnético

$W_{A \to B} = F_m \cdot d \cdot \cos 90^\circ = 0$.



$\vec{F}_m$ da $\vec{v}$ siempre por la

propia naturaleza, de

la $\vec{F}_m$ (ley de Lorentz)

$$-\Delta E_p = W_{A \to B} = \Delta E_{A \to B}$$

$W_{A \to B} = 0$, $\Delta E_{A \to B} = 0$,

$\Delta E_p = 0$

No tiene sentido hablar de E_p en el campo magnético que es no conservativo.

b)

(tampoco definimos un potencial magnético).

Primero calculamos la velocidad v_B

$$W_{A\to B} = q\cdot(V_A - V_B)$$

$$W_{A\to B} = \Delta E_{cA\to B}$$

$$W_{A\to B} = \Delta E_{cA\to B}$$

$$q\cdot(V_A - V_B) = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$v_A = 0$.

$$v_B = \sqrt{\frac{2q(V_A - V_B)}{m_p}} = 4'38\cdot 10^6\ m/s.$$

Para calcular el radio en el campo magnético, uso la ley de Lorentz.

$$F_M = F_n$$

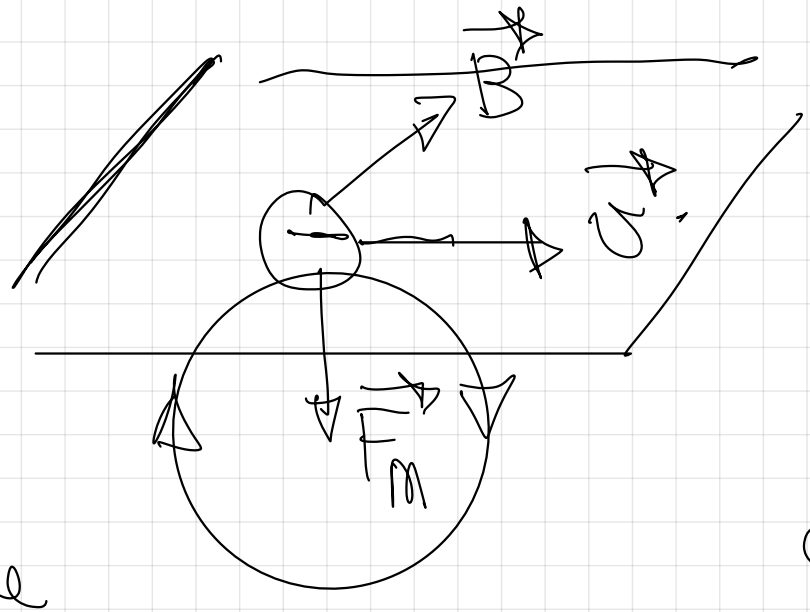
$$q \cdot v \cdot B \cdot \sin 90^\circ = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$\sin 90^\circ = 1$

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \boxed{2{,}28 \cdot 10^{-2}\ m}$$

c)

$$v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} = \boxed{3{,}2 \cdot 10^{-8}\ s}$$



$m_p > m_{e^-}$

$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$

$m_p > m_{e^-} \Rightarrow r_p > r_e$

El radio de la trayectoria sería mas pequeño.

En el dibujo de arriba se ve que el portador se movería en sentido horario

Se movería en sentido horario.

$v = \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi r}{v}$ ⇒ El período en el e sería menor.

$F_M = F_R$ ..

$q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 90^\circ = m \cdot \frac{v^2}{R}$.

Otra forma de hacerlo es obteniendo la expresión del período de esta forma.

$q \cdot B = m \cdot \frac{v}{R}$ (1) $\rightarrow v = \frac{2\pi R}{T}$

$q \cdot B = m \cdot \frac{\frac{2\pi R}{T}}{R}$

$q \cdot B = m \cdot \frac{2\pi}{T}$

$$\boxed{T = \frac{m \cdot 2\pi}{q \cdot B}}$$

$m_p > m_{e^-}$

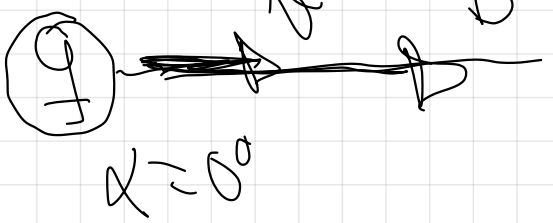
$T_p > T_{e^-}$

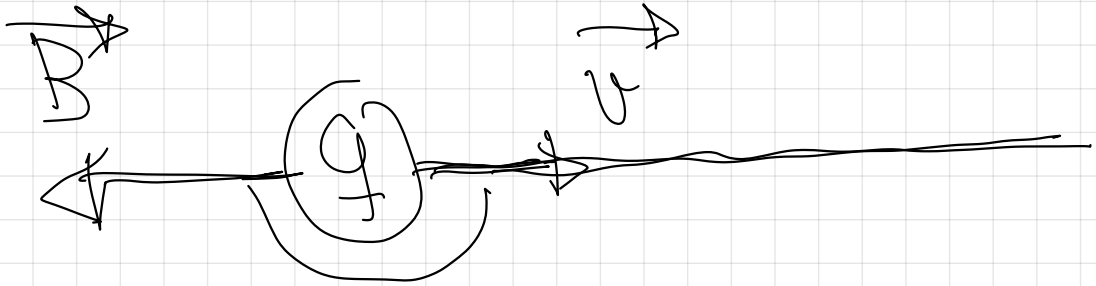
4.- a) ¿Puede ser nula la fuerza magnética que se ejerce sobre una partícula cargada que se mueve en el seno del campo magnético?

b)¿Puede ser nula la fuerza eléctrica sobre una partícula cargada que se mueve en el seno de un campo eléctrico?

Interior.

a)





F_m es nula si $\vec{B}$ va en la misma dirección que $\vec{v}$ (mismo sentido o sentido contrario)

ley de Lorentz.

$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \boxed{\operatorname{sen}\alpha}$

$F_m = 0$.

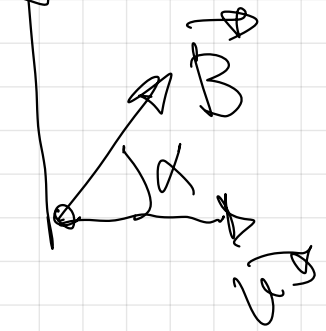
$0°$

$\operatorname{sen}\alpha = 0$ → $\alpha = 0°$

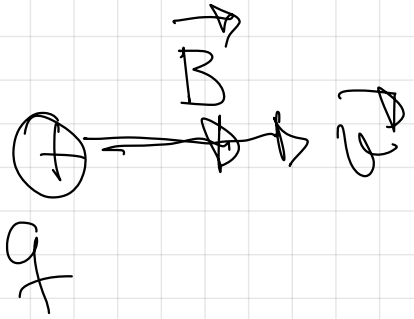
→ $\alpha = 180°$

Podría ser nulo en ambos casos

$\vec{F_m}$



$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\alpha$

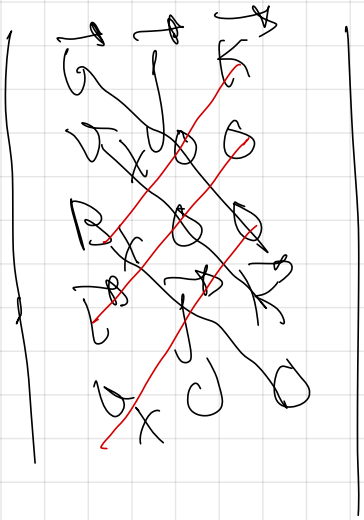


$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 0°$

$\boxed{F_m = 0}$

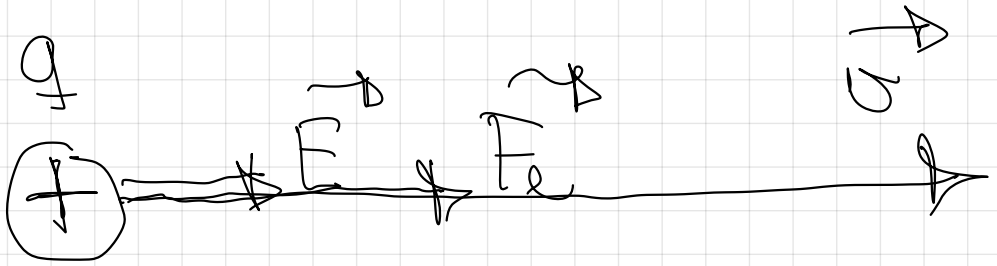
$\vec{F_m} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$

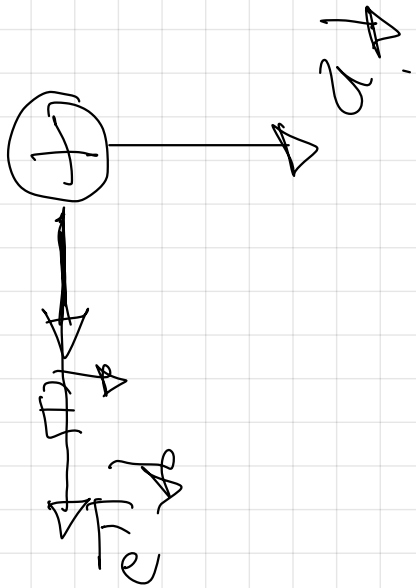
$\vec{v} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ v_x & 0 & 0 \\ B_x & 0 & 0 \end{vmatrix} =$



$= 0 + 0 + 0 - 0 - 0 - 0 = 0$

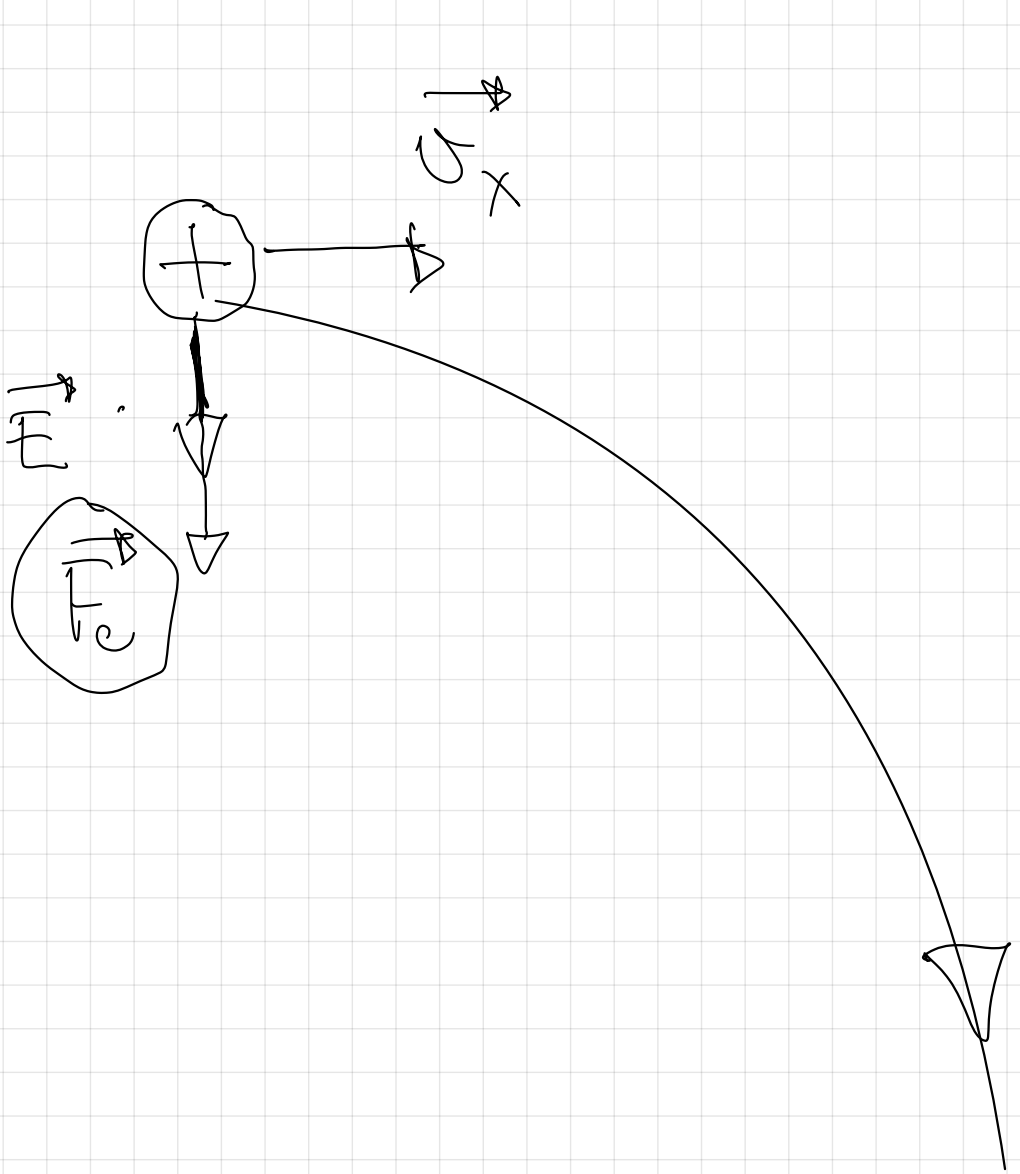
b) Campo eléctrico E $\quad F_e = q \cdot E$.

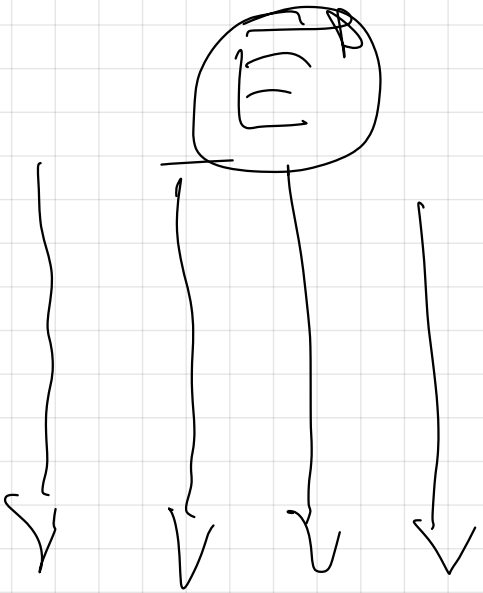


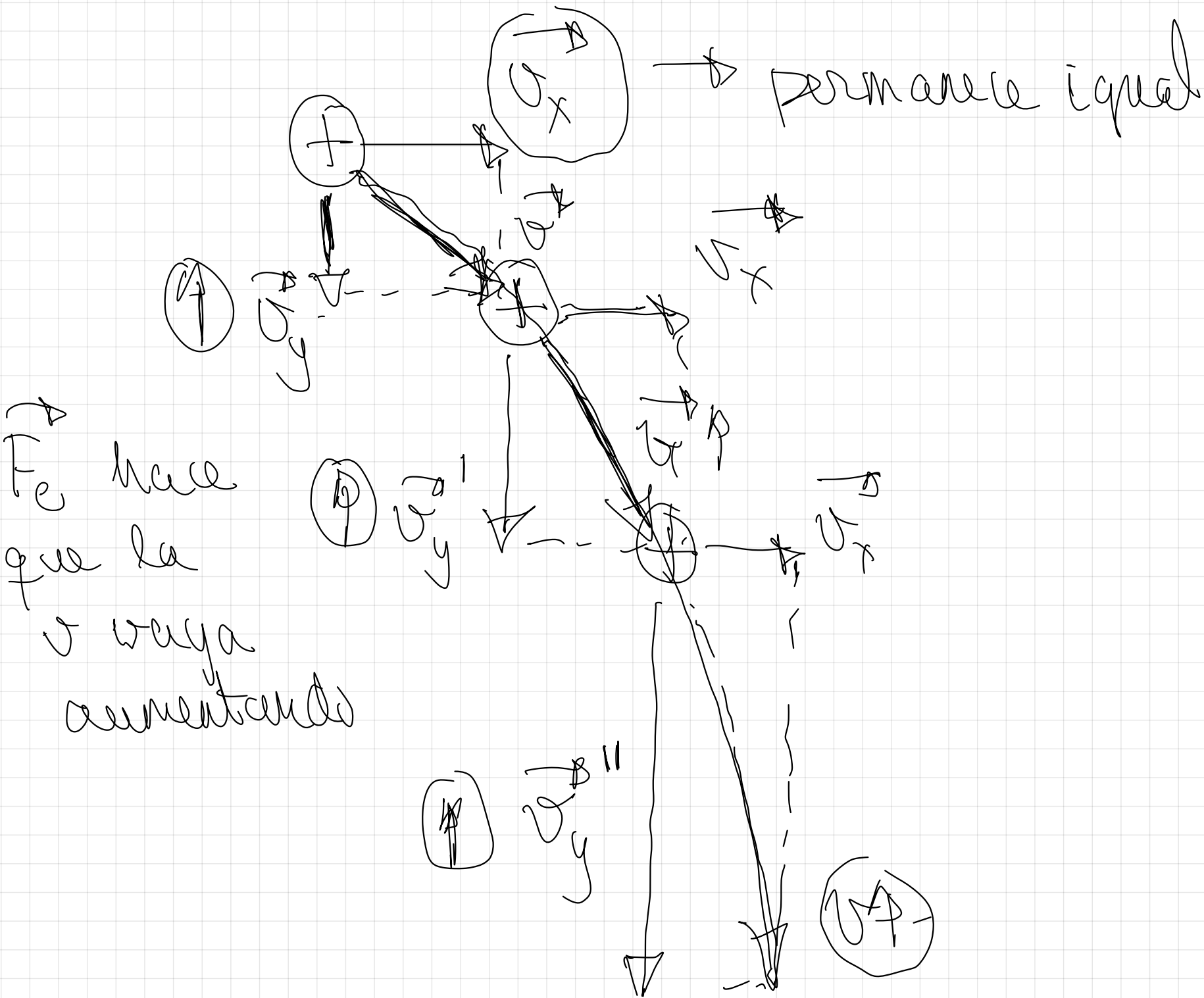


$$\boxed{F_e = q \cdot E}$$

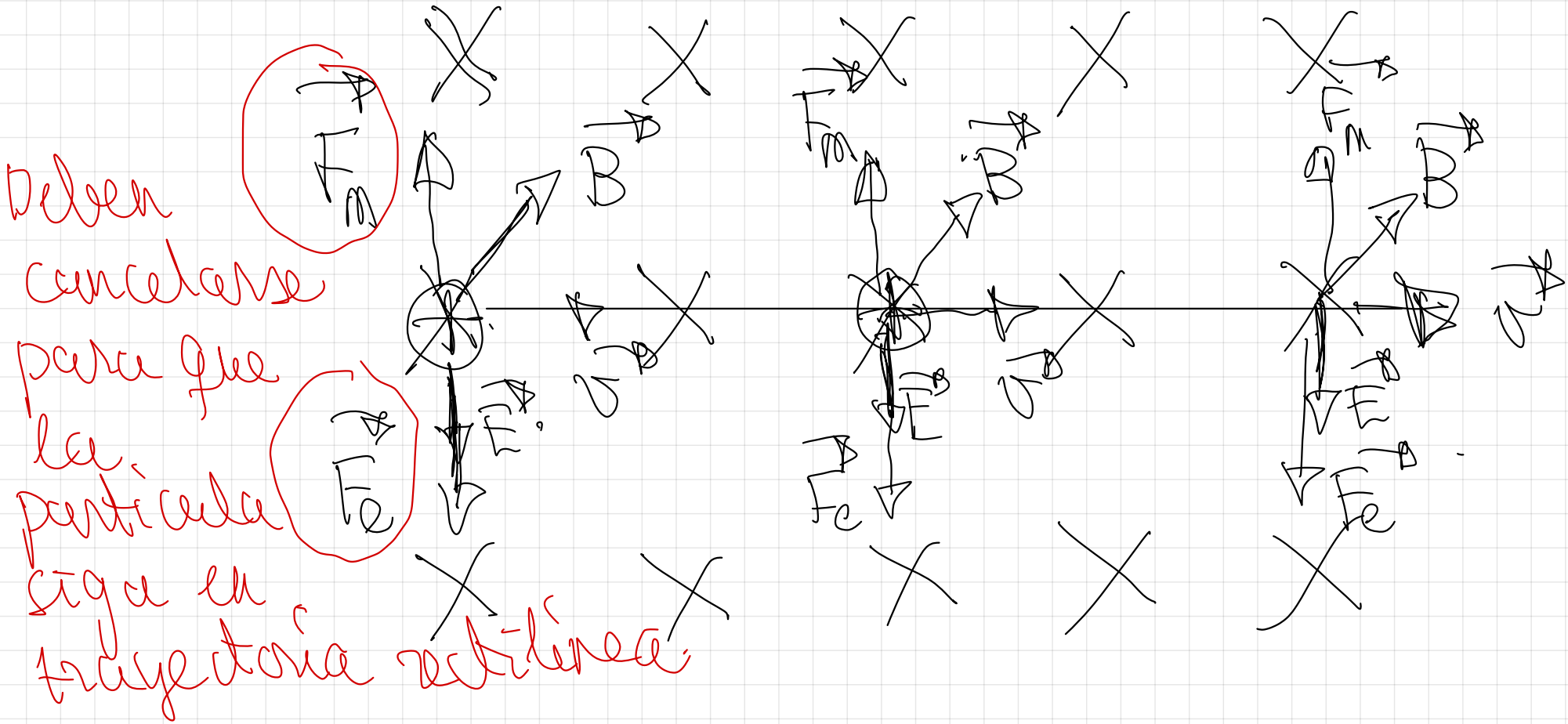
La Fuerza eléctrica es independiente de la velocidad, siempre que exista E, existe F, no es nula.


$\vec{v}$
x
$\vec{E}$
$\vec{F_e}$


E


permanece igual
$\vec{F_e}$ hace que la v vaya aumentando

8.- a)¿Cuál es la condición para que una partícula cargada, que se mueve en línea recta, siga en su trayectoria rectilínea cuando se somete <u>simultáneamente</u> a un campo eléctrico y a otro magnético, perpendiculares entre si y perpendiculares a la velocidad de la carga?



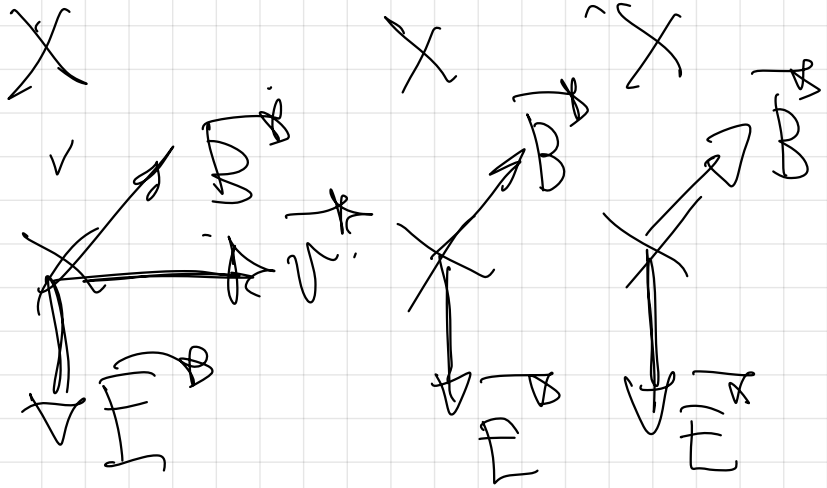
$$|\vec{F_m}| = |\vec{F_e}|$$

$$q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 90^\circ = q \cdot E$$

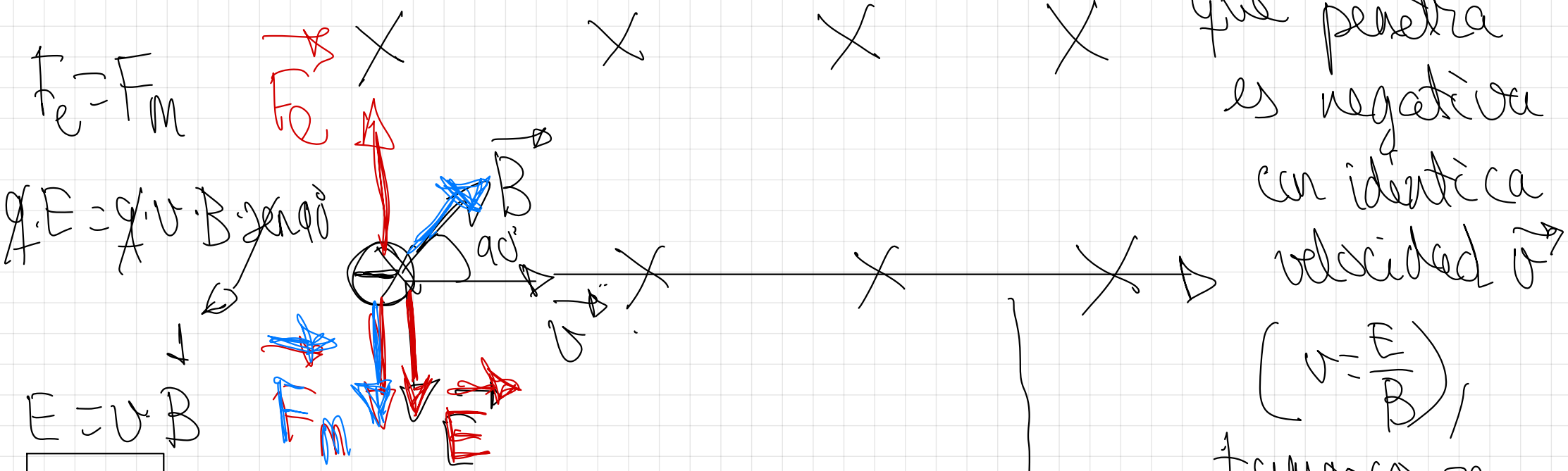
$$E = v \cdot B$$

$$v = \frac{E}{B}$$

La v tiene que tener ese valor para que se cumpla que $|\vec{F_m}| = |\vec{F_e}|$.



la orientación de los campos ha de ser la descrita. y la de la velocidad también con el valor señalado.



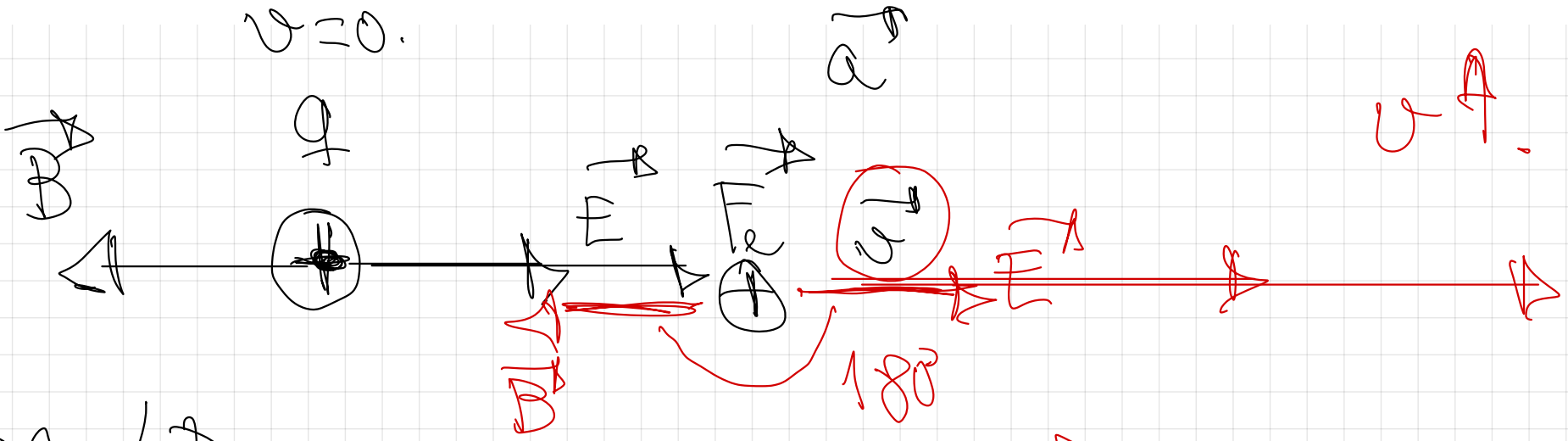
$$v = \frac{E}{B}$$

Si la carga que penetra es negativa con idéntica velocidad $\vec{v}$ $\left(v = \frac{E}{B}\right)$, tampoco se desvía.

Seguirá la trayectoria recta con MRU.

10, 3, 2, 49, 51

10.- Supongamos que en una región del espacio tenemos un campo eléctrico y un campo magnético de sentidos opuestos y que en el interior de esa región dejamos en reposo una carga positiva. Explica el movimiento que realizará dicha carga.



$F_M = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\alpha$

$v \to 0$.

$F_M = 0$.

$F_M = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\alpha$

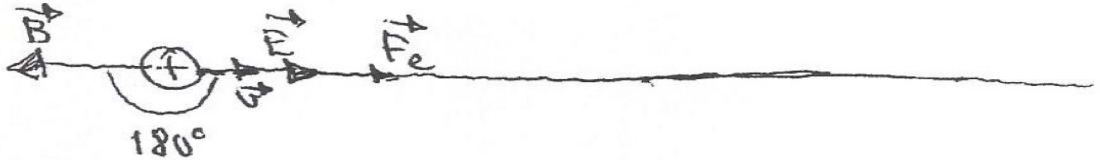
$F_M = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 180 = 0$.

(10)

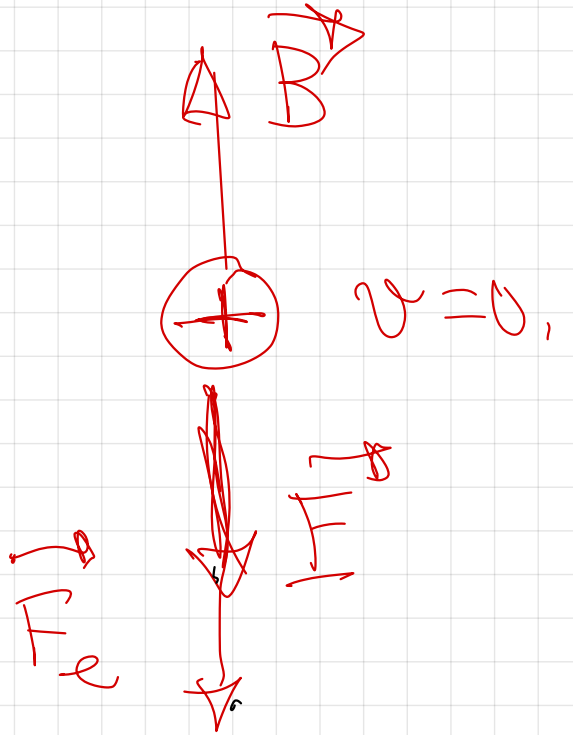


$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\alpha = 0$ (porque $v = 0$)

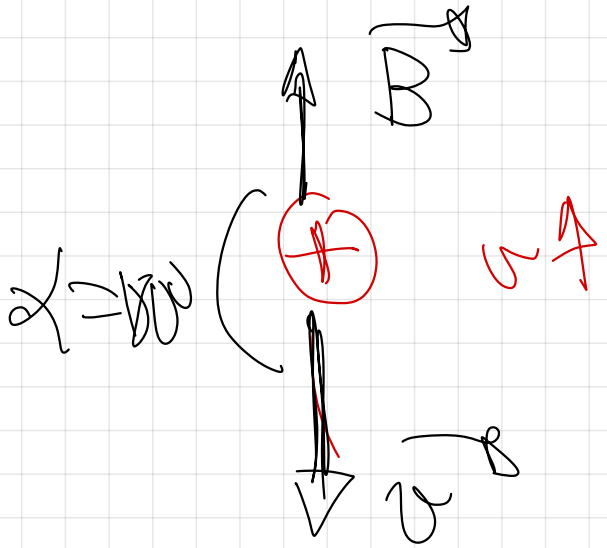
Si dejamos en reposo a la carga, el campo magnético $\vec{B}$ no actuará sobre la misma, no apareciendo fuerza magnética. Sin embargo, el campo eléctrico $\vec{E}$ si puede actuar sobre la carga en reposo, apareciendo una fuerza eléctrica $\vec{F_e} = q \cdot \vec{E}$ en el sentido descrito que la pone en movimiento



Cuando se pone en movimiento, el campo magnético $\vec{B}$ sigue sin poder actuar sobre ella ya que en este caso $F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 180° = 0$, por lo que no aparece fuerza magnética, de forma que la carga solo será acelerada por la fuerza eléctrica $\vec{F_e}$ describiendo una trayectoria rectilínea (movimiento rectilíneo acelerado)



$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 180° = 0$



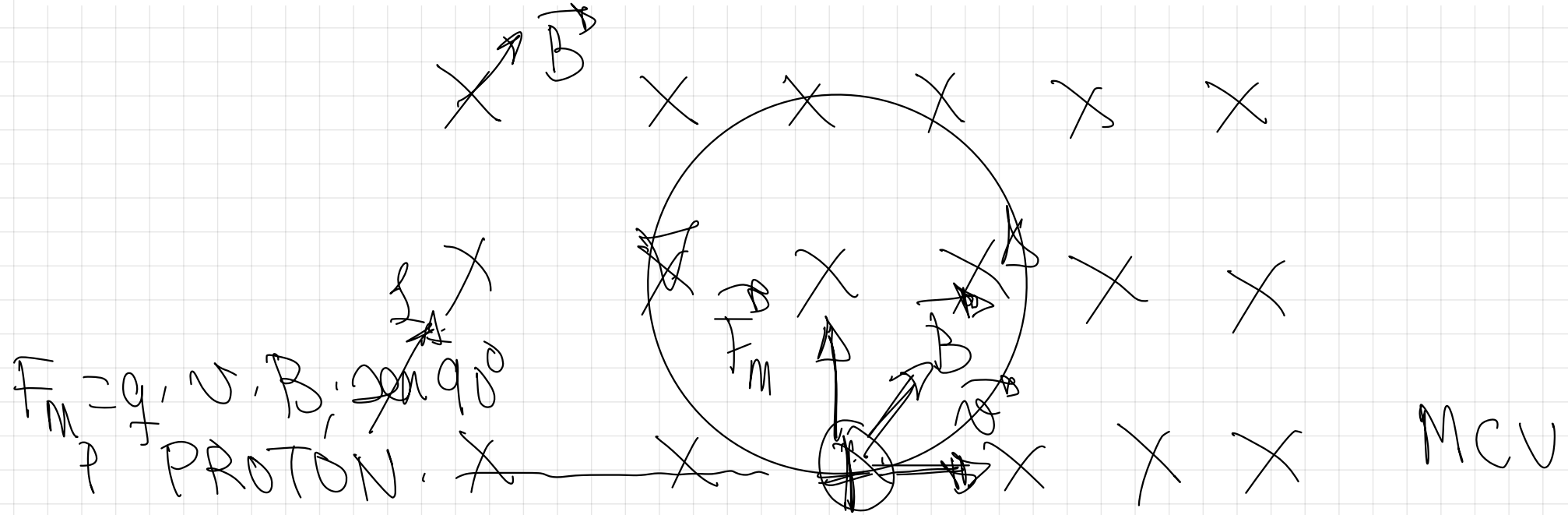
3, 9, 2, 49, 51.

pag 95.

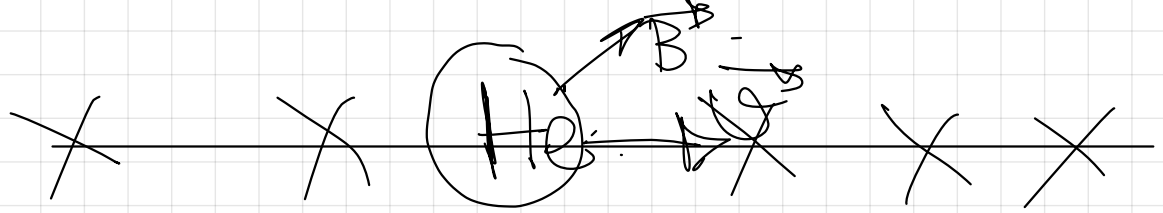
3.- Un electrón, un protón y un átomo de Helio penetran en una zona del espacio en la que existe un campo magnético uniforme en dirección perpendicular a la velocidad de las partículas, que es común en los tres casos.

a) Dibuje la trayectoria que seguirá cada una de las partículas e indique sobre cuáles de ellas se ejerce una fuerza mayor.

b) Compare las aceleraciones de las tres partículas. ¿Cómo varía su energía cinética?



$q = 0$. HELIO.



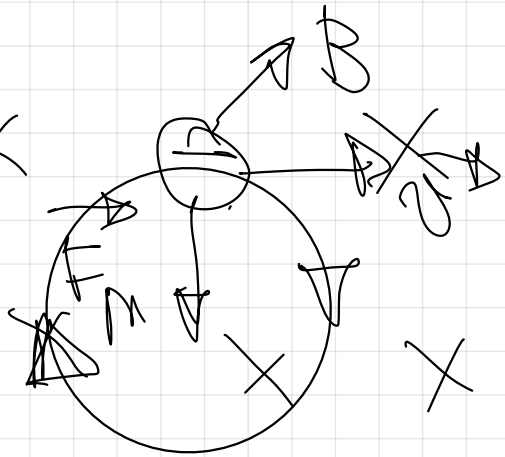
MRU.

$|\vec{F}_m| = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\alpha$

0.

$F_{m_e} = q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen}\alpha$

$q \cdot \times$



MCU.

$$|\vec{F}_{m_p}| = |\vec{F}_{m_e}| > |\vec{F}_{m\ He}| = 0.$$

sobre el protón y sobre el electrón actúa

la misma fuerza, que es mayor que sobre el He, siendo nula en este último caso

b) $F_{m_{He}} = 0 \qquad F = m \cdot a \Rightarrow a_{He} = 0.$

$a_n = \frac{v^2}{r} \xrightarrow{r_p > r_e} F_m = m \cdot a_n.$

$q \cdot v \cdot B = m \frac{v^2}{r}$

$\downarrow a_n = \frac{v^2}{r_A}$

$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} \xrightarrow{m_p > m_e} r_p > r_e$

$$a_{n_{e^-}} > a_{n_p} > \cancel{a_{n_{He}}}^{\,0}.$$

$$F_{m_p} = m_p \uparrow \cdot a_{n_p} \uparrow$$

$$\| \quad \text{Para mantener la igualdad.}$$

$$F_{m_e} = m_e \downarrow \cdot a_{n_e} \downarrow$$

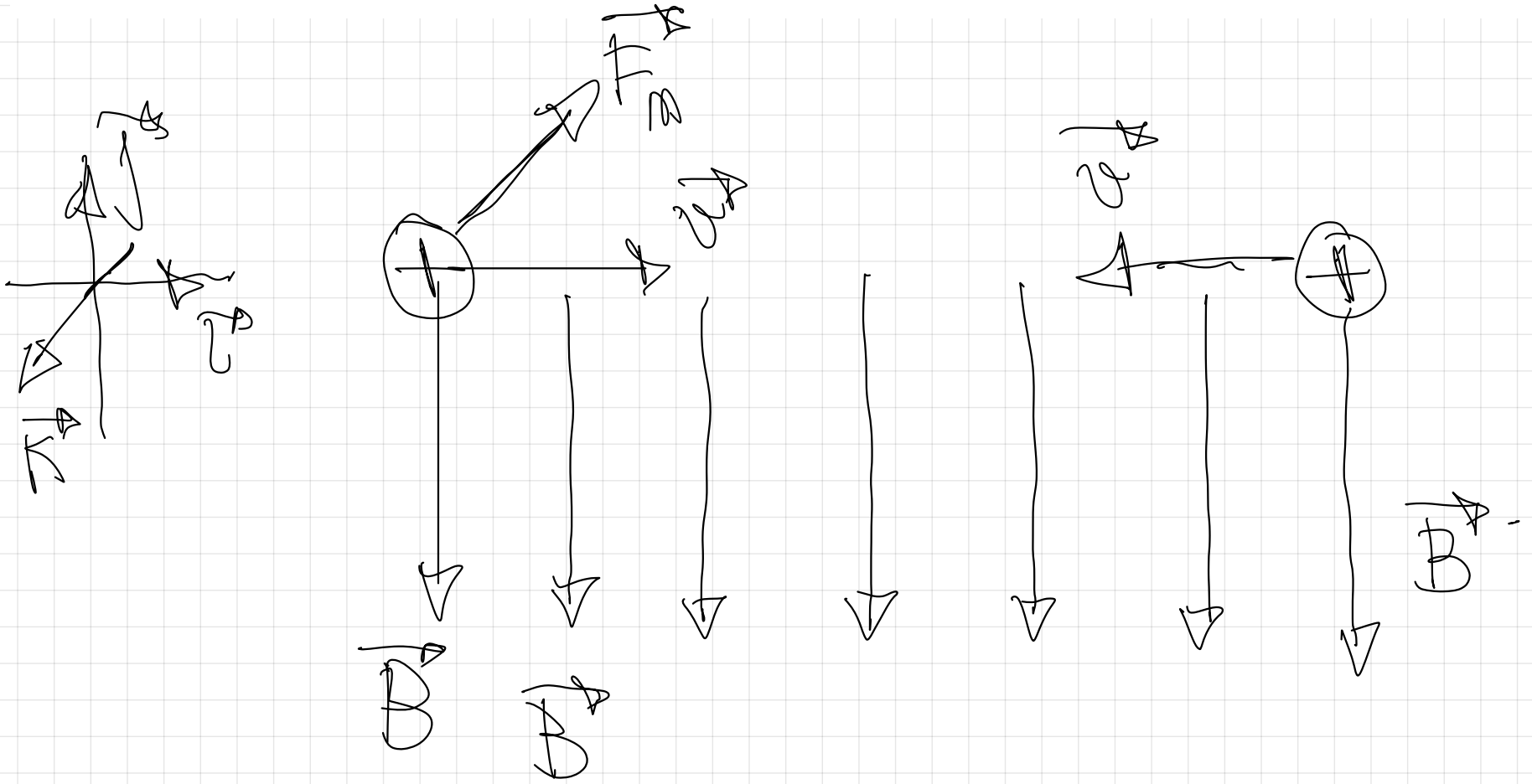
$$a_{n_p} \leq a_{n_{e^-}}.$$

(B)

b) (Continuación) Ninguna de las tres partículas cambia su energía cinética cuando penetra en el campo magnético. Sobre el Helio, al ser su aceleración nula, no existe modificación en cuanto a su velocidad. En el caso del protón y del electrón existe una fuerza normal, pero solamente cambiará el valor de $\vec{v}$ en dirección y no en módulo, por lo que las energías cinéticas de protón y electrón no variarán.

Si comparamos las E_c ($E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$) que tiene cada una de las partículas, $E_{c_{He}} > E_{c_p} > E_{c_{e^-}}$, ya que v es común y $M_{He} > M_p > M_{e^-}$

51.- En una región existe un campo magnético uniforme dirigido verticalmente hacia abajo. Se disparan dos protones horizontalmente en sentidos opuestos. Razone qué trayectorias describen, en qué plano están y qué sentidos tienen sus movimientos.



ley de Lorentz.

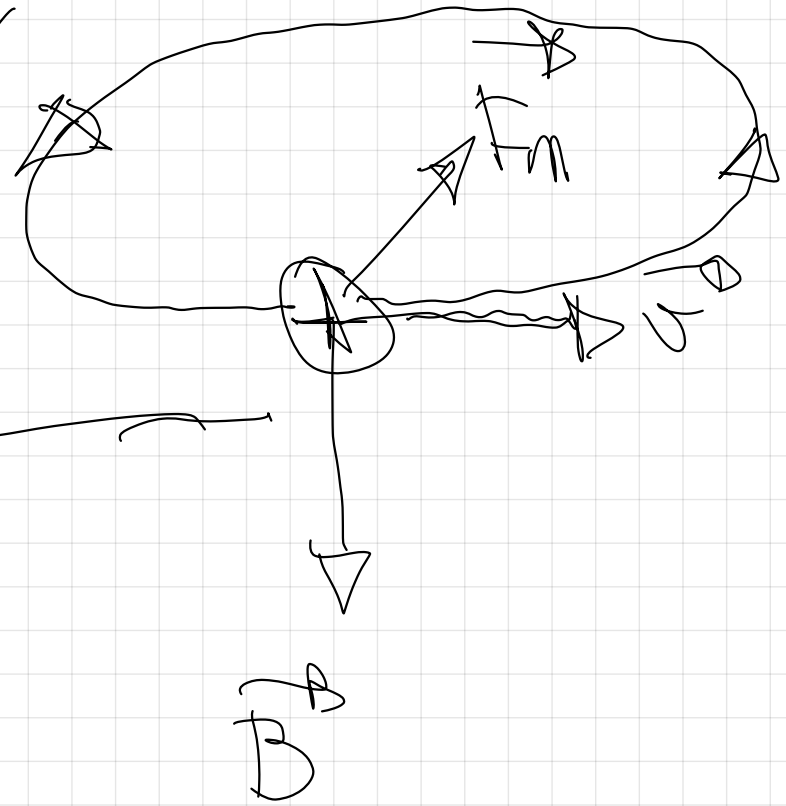
$$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

$$\vec{v} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ v_x & 0 & 0 \\ 0 & -B_y & 0 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ v_x & 0 & 0 \\ 0 & -B_y & 0 \\ \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ v_x & 0 & 0 \end{vmatrix} = 0 - 0 - v_x B_y \vec{k} + 0 - 0 - 0 = -v_x B_y \vec{k}$$

$$\vec{F} = m - q\left(-v_x B_y \vec{k}\right)$$

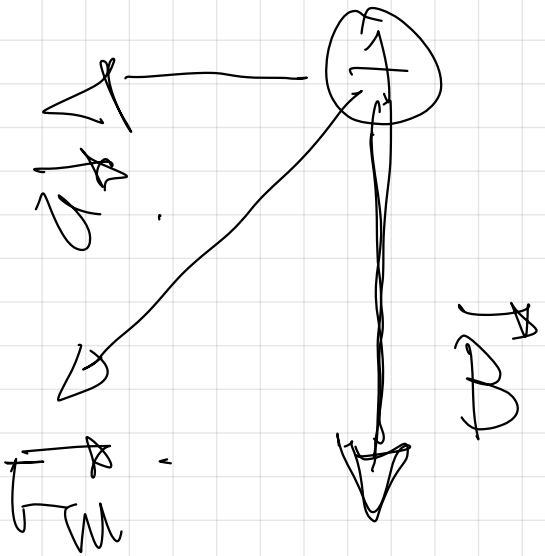
$$\vec{F}_m = -q\, \vec{v} \times B_y \vec{k}$$



Trayectoria circular en el plano horizontal sentido antihorario

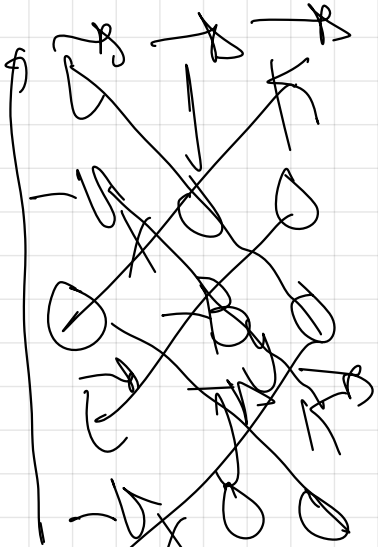
Ley de Lorentz.

$$\vec{F}_M = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$



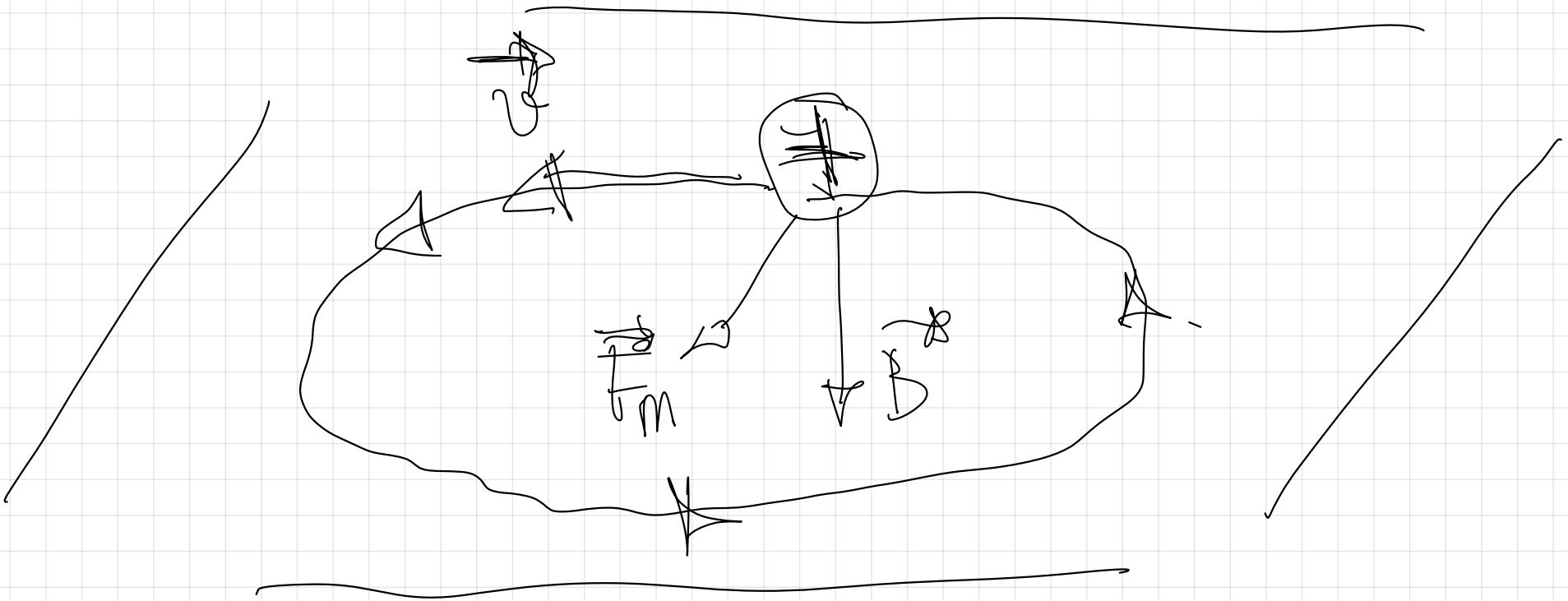
$$\vec{v} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ -v & 0 & 0 \\ 0 & B_y & 0 \end{vmatrix}$$

$$\vec{F}_M = q \cdot v \times B_y \cdot \vec{k}$$



$$= 0 + v \times B_y \vec{k} + 0 - 0 - 0 - 0 =$$

$$= v \times B_y \vec{k}$$



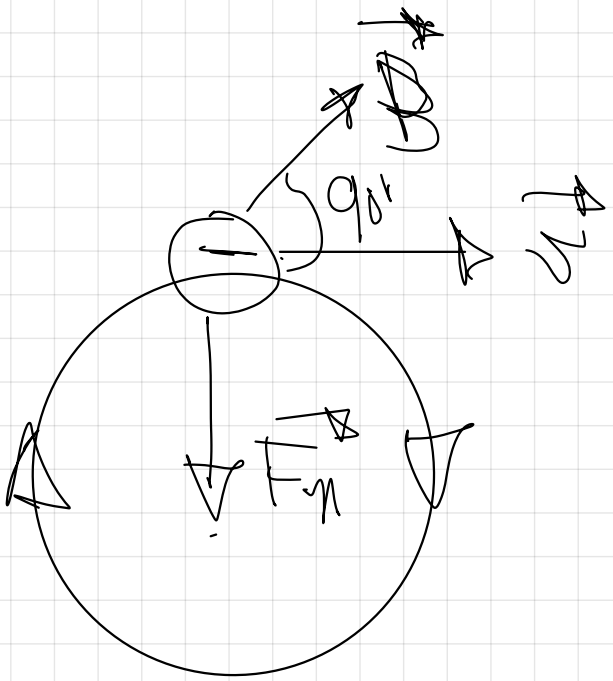
trayectoria circular en el sentido antihorario en un plano horizontal.

9.- Un electrón penetra en una región en la que existe un campo magnético de 0,1 Tcon una velocidad de $6 \cdot 10^6$ m·s^{-1} perpendicular al campo.

a) Dibuje un esquema representando el campo, la fuerza magnética y la trayectoria seguida por el electrón y calcule el radio. ¿Cómo cambiaría la trayectoria si se tratara de un protón?

b) Determine las características del campo eléctrico que, superpuesto al campo magnético, haría que el electrón siguiera un movimiento rectilíneo uniforme.

e= $1{,}6 \cdot 10^{-19}$C, $m_p = 1{,}7 \cdot 10^{-27}$ kg, $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg



$B = 0{,}1\ T$

$|\vec{F}| = |\vec{F}_N|$

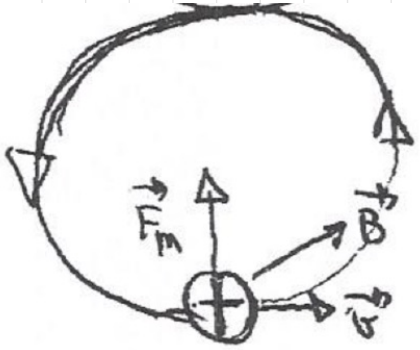
$q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 90^\circ = m \cdot a_N$

$\operatorname{sen} 90^\circ = 1$

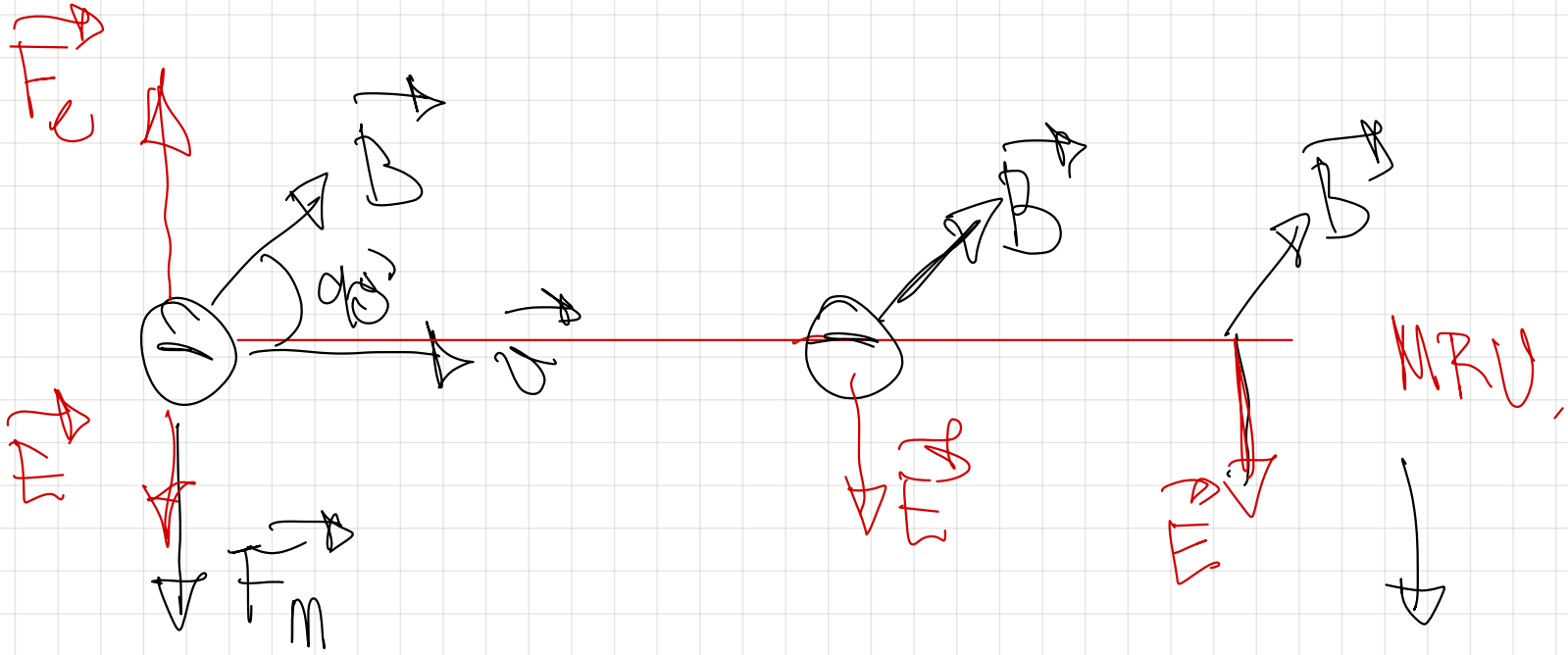
$q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R}$

$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 6 \cdot 10^{6}}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 0{,}1}$$

$$r = 3{,}41 \cdot 10^{-4}\ m$$



→ El protón describiría una trayectoria circular en sentido contrario ($\vec{F}_M$ en sentido contrario) y de mayor radio, ya que $r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$ y $m_p > m_e \Rightarrow r_p > r$.



$$|\vec{F_m}| = |\vec{F_e}|$$

$$F_{neta} = 0$$

$$q \cdot v \cdot B \cdot \operatorname{sen} 90^\circ = q \cdot E$$

$$E = v \cdot B = 6 \cdot 10^6 \cdot 0{,}1 = 6 \cdot 10^5 \ \frac{N}{C}$$

El vector zeña $\vec{E} = -6 \cdot 10^5 \vec{j} \ \left(\frac{N}{C}\right)$

2.- Un protón, tras ser acelerado mediante una diferencia de potencial de 10^5 V, entra en una región en la que existe un campo magnético de dirección perpendicular a su velocidad, describiendo una trayectoria circular de 30 cm de radio.

a) Realice un análisis energético de todo el proceso y, con ayuda de esquemas, explique las posibles direcciones y sentidos de la fuerza, velocidad, campo eléctrico y campo magnético implicados.

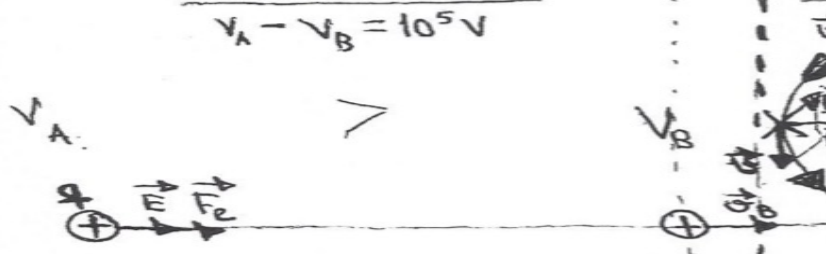
b) Calcule la intensidad del campo magnético. ¿Cómo variaría el radio de la trayectoria si se duplicase el campo magnético?

$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$C, $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg

a)

CAMPO ELÉCTRICO

$V_A - V_B = 10^5$ V



El campo eléctrico $\vec{E}$ actúa sobre la carga q, de forma que la carga q experimenta una fuerza eléctrica $\vec{F_e}$ que la acelera desde antes de penetrar en el campo magnético, en donde adquiere una velocidad $\vec{v_B}$. La trayectoria en el campo eléctrico ha sido rectilínea, ya que la fuerza eléctrica $\vec{F_e}$ posee la misma dirección que el campo eléctrico $\vec{E}$ (y en este caso, el mismo sentido también al tratarse de una carga positiva).

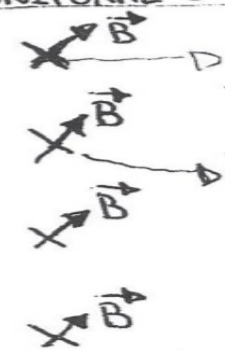
Al realizarse un trabajo espontáneo por parte de la fuerza eléctrica, existe una disminución de energía potencial eléctrica que pasa por medio del trabajo a incrementar la energía cinética.

$$-\Delta E_p = W = \Delta E_c \quad \begin{cases} \Delta E_p < 0 \\ \Delta E_c > 0 \end{cases}$$

Esto decir, la E_p eléctrica disminuye y la E_c aumenta

CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME O CTE, SENTIDO ENTRANTE





El campo magnético uniforme B=2T se representa en dirección perpendicular a la velocidad. El sentido entrante se indica mediante un aspa (X)

Cuando penetra el protón en el campo magnético, actúa sobre él una fuerza magnética F_m, que según la ley de Lorentz ($\vec{F_m} = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$) es perpendicular al plano que forman los vectores $\vec{v}$ y $\vec{B}$. Al ser perpendicular a $\vec{v}$ se trata de una fuerza normal que hará variar la velocidad en dirección pero no en módulo, de manera que la $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ permanecerá constante,

El trabajo realizado sobre la carga es nulo al ser fuerza y desplazamiento perpendiculares entre sí.

$$W = 0 = \Delta E_c \qquad (\Delta E_c = 0 \Rightarrow E_c = cte)$$

Al ser el trabajo nulo en cualquier caso, no cabe hablar de E_p en el campo magnético. La fuerza magnética no es conservativa y por ello no posee E_p asociada.

Campo eléctrico



(a)

Esta velocidad es la misma en módulo que adquirió mediante la acción del campo eléctrico:

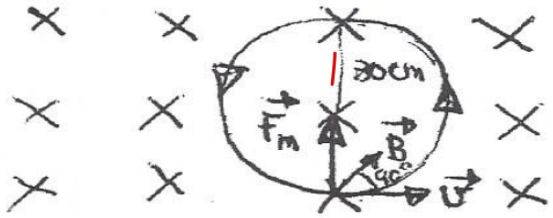
$W = \Delta E_c$ (0, parte del reposo)

$q_p (V_A - V_B) = \frac{1}{2} m_p \cdot v^2 - \frac{1}{2} m_p \cdot v_0^2$

$v = \sqrt{\frac{q_p \cdot (V_A - V_B)}{\frac{1}{2} m_p}}$

$v = \sqrt{\frac{1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^5}{\frac{1}{2} 1'67 \cdot 10^{-27}}} = 4'38 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$

Campo magnético



Para calcular el campo magnético B, y sabiendo el radio r de la trayectoria, expresamos la fuerza magnética como fuerza normal:

$F_m = F_n$

$q \cdot v \cdot B \cdot \underbrace{\text{sen}\,\alpha}_{\text{sen } 90^\circ = 1} = m \cdot \frac{v^2}{r}$

→ ya que $\vec{v}$ y $\vec{B}$ son perpendiculares

$B = \frac{m \cdot v}{q \cdot r} = \frac{1'67 \cdot 10^{-27} \cdot 4'38 \cdot 10^6}{1'6 \cdot 10^{-19} \cdot 0'3} = 0'15\ T$

↳ 30 cm = 0'3 m

(2) (b) Para ver como varía el radio de la trayectoria obtenemos una expresión de r en función de B partiendo de la misma suposición que antes:

$F_m = F_n$

$q \cdot v \cdot B \cdot \underbrace{\text{sen}\,\alpha}_{1} = m \cdot \frac{v^2}{r} \Rightarrow \boxed{r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}}$

$\left.\begin{cases} r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} \\ r' = \frac{m \cdot v}{q \cdot 2B} \end{cases}\right\} r' = \frac{1}{2} r$ ⇒ Si se duplica el campo magnético B ahora el nuevo radio r' sería la mitad que el anterior, pasando de 0'30 m a 0'15 m