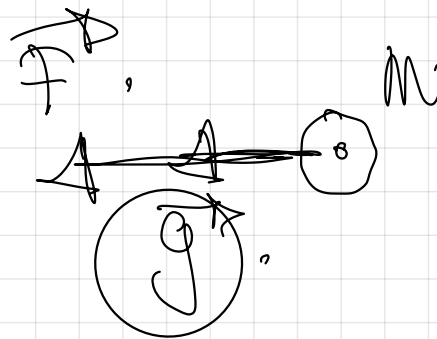
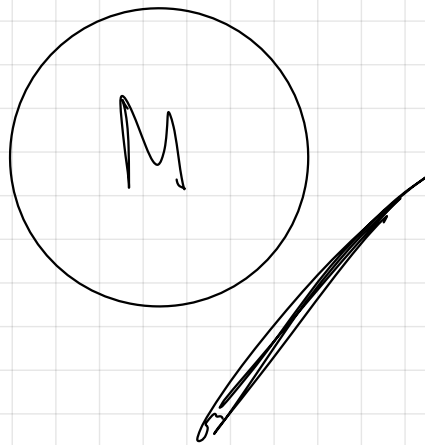
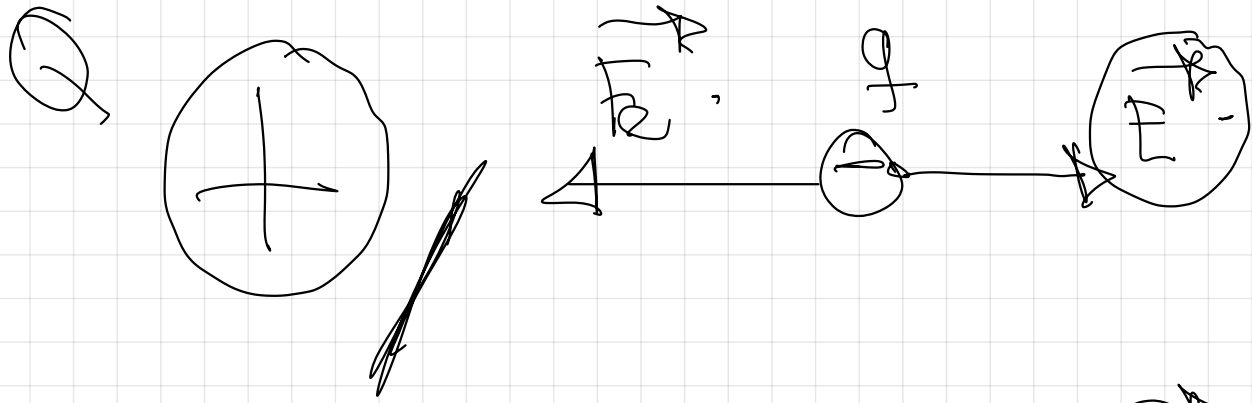


ELECTROMAGNETISMO.

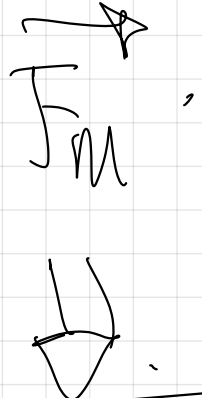
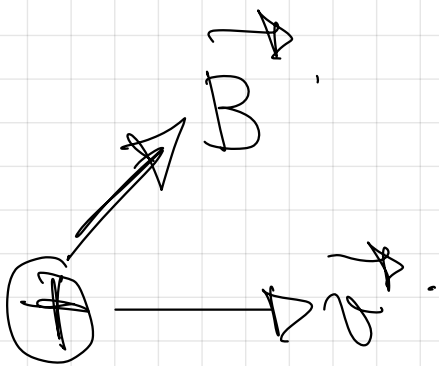
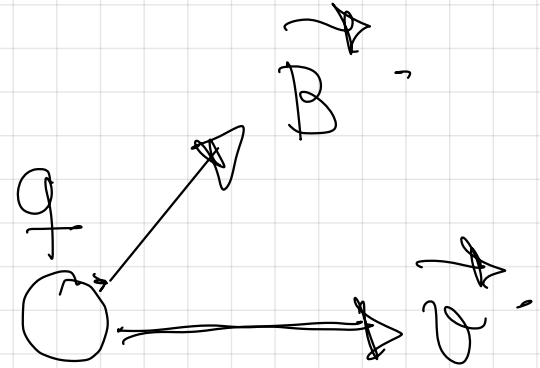
2.- FUERZA EJERCIDA POR UN CAMPO MAGNÉTICO SOBRE UNA CARGA MÓVIL. LEY DE LORENTZ

pag 72 del libro



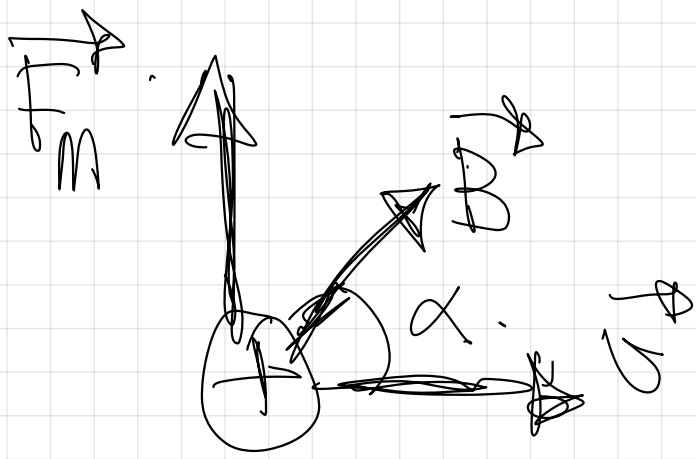


IMÁN



ley de Lorentz

F



$$\vec{F}_m = I \cdot (\vec{a} \times \vec{B})$$

- Módulo.

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

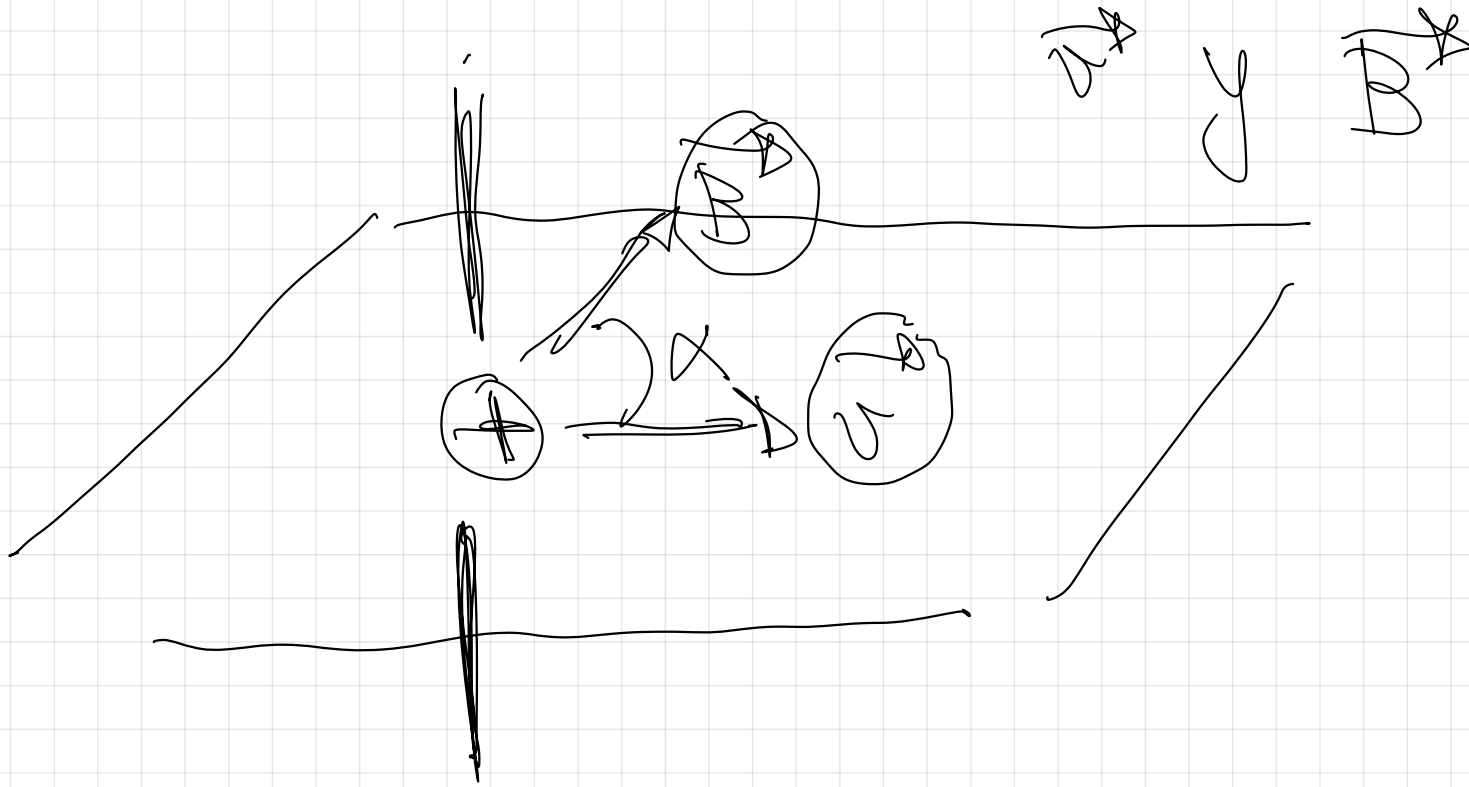
$$F_m \Rightarrow N \text{ (SI)}$$

$$v \Rightarrow m/s \text{ (SI)}$$

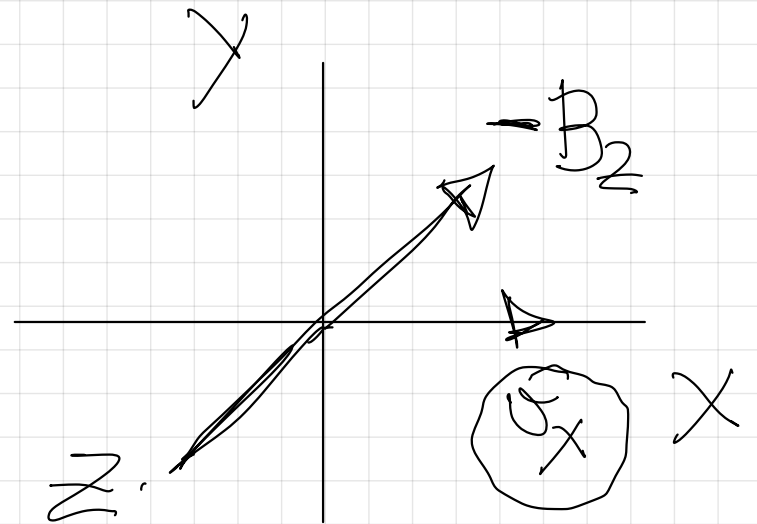
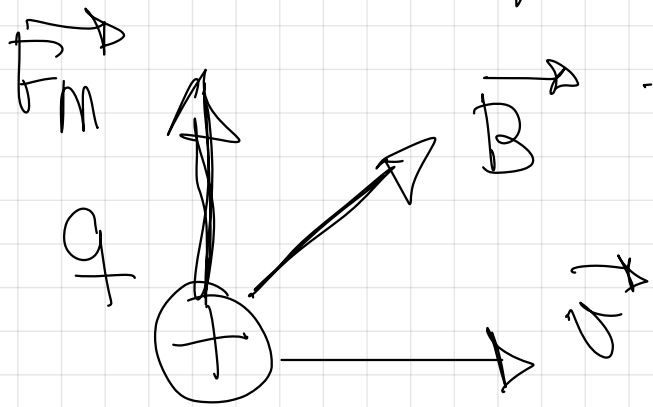
$$q \Rightarrow C \text{ (SI)}$$

$$B \Rightarrow \text{Tesla (T)}$$

- Dirección \Rightarrow \perp al plano formado por



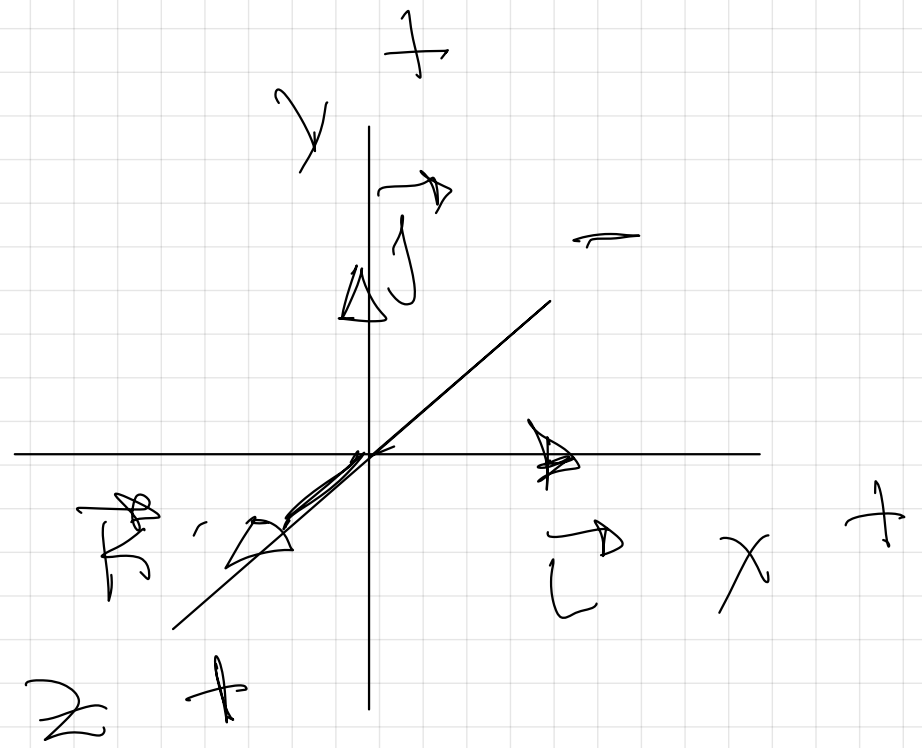
1 Sentido. (regla de la mano izquierda)



ley de Lorentz.

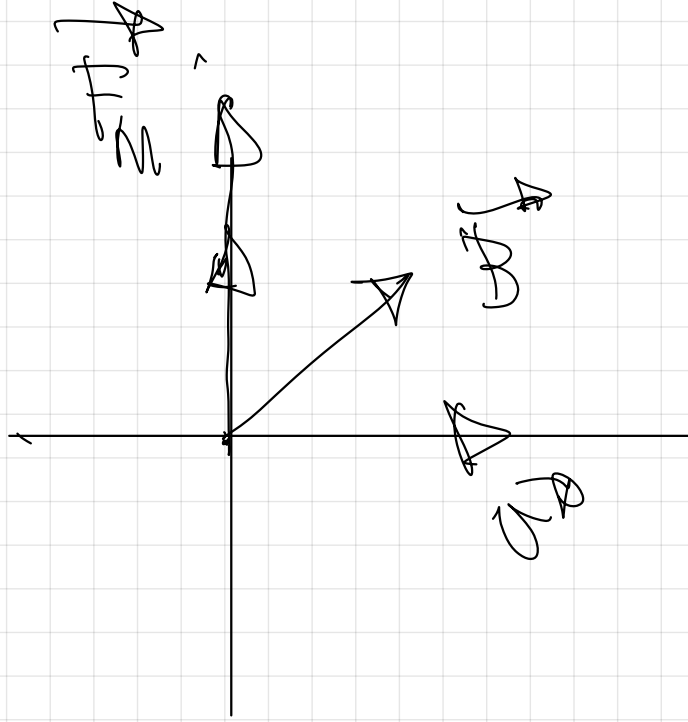
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ ct' \end{pmatrix} = \gamma \begin{pmatrix} x - \beta y \\ y + \beta x \\ z \\ ct \end{pmatrix}$$

$$\Lambda = \gamma \begin{pmatrix} 1 & -\beta & 0 & 0 \\ \beta & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

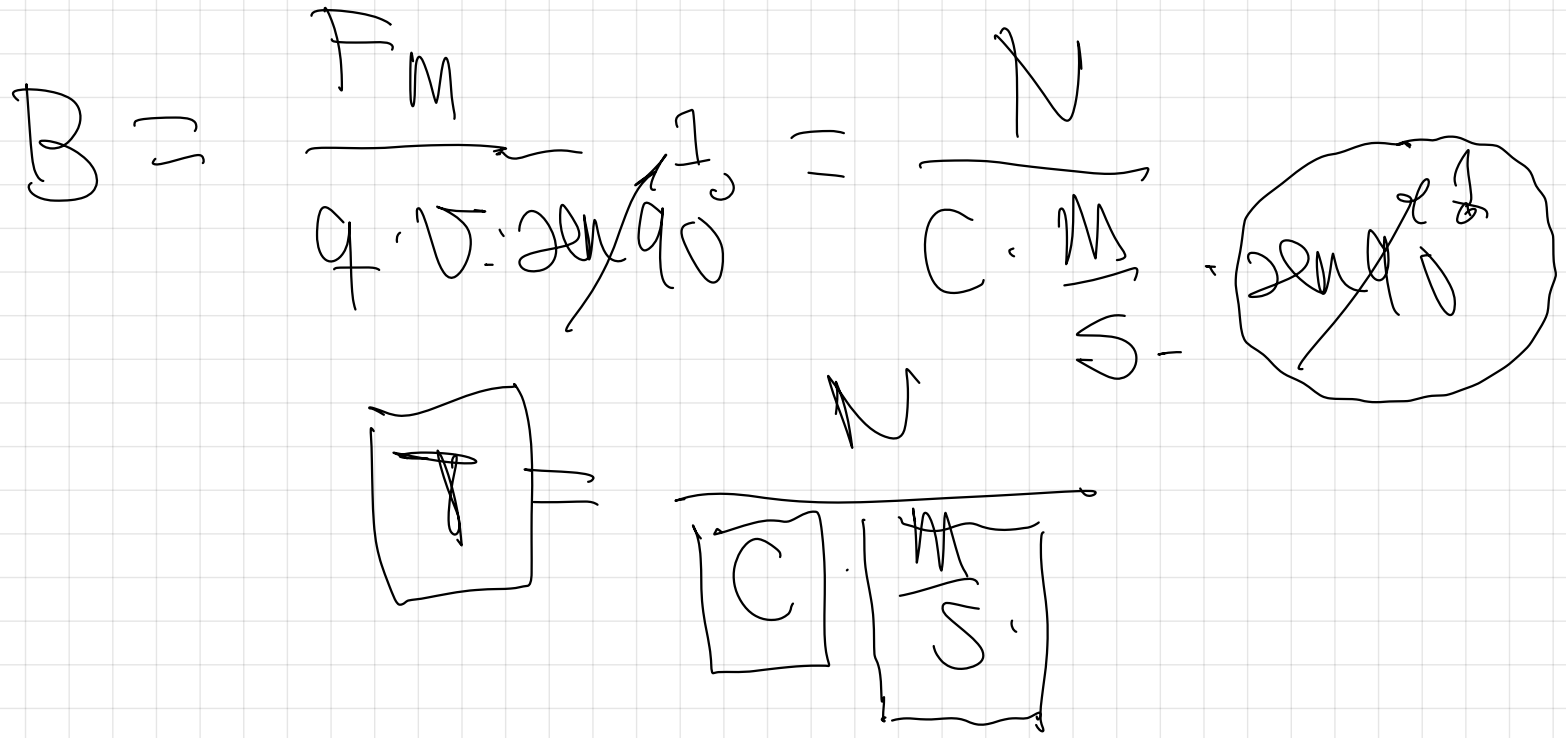
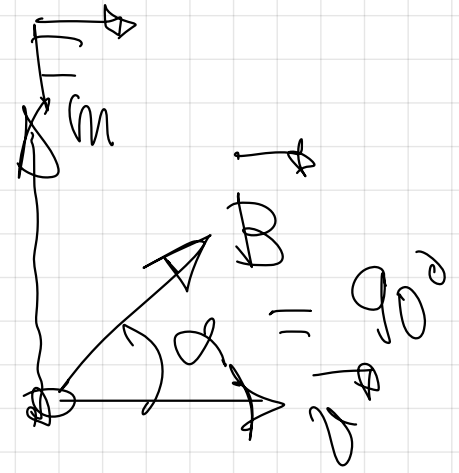
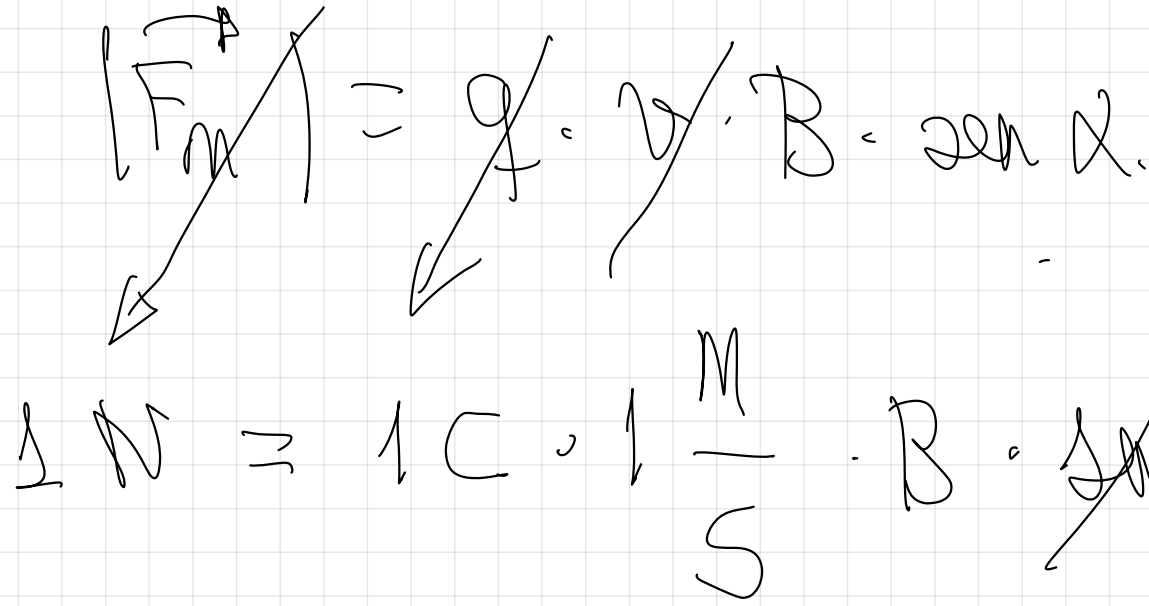


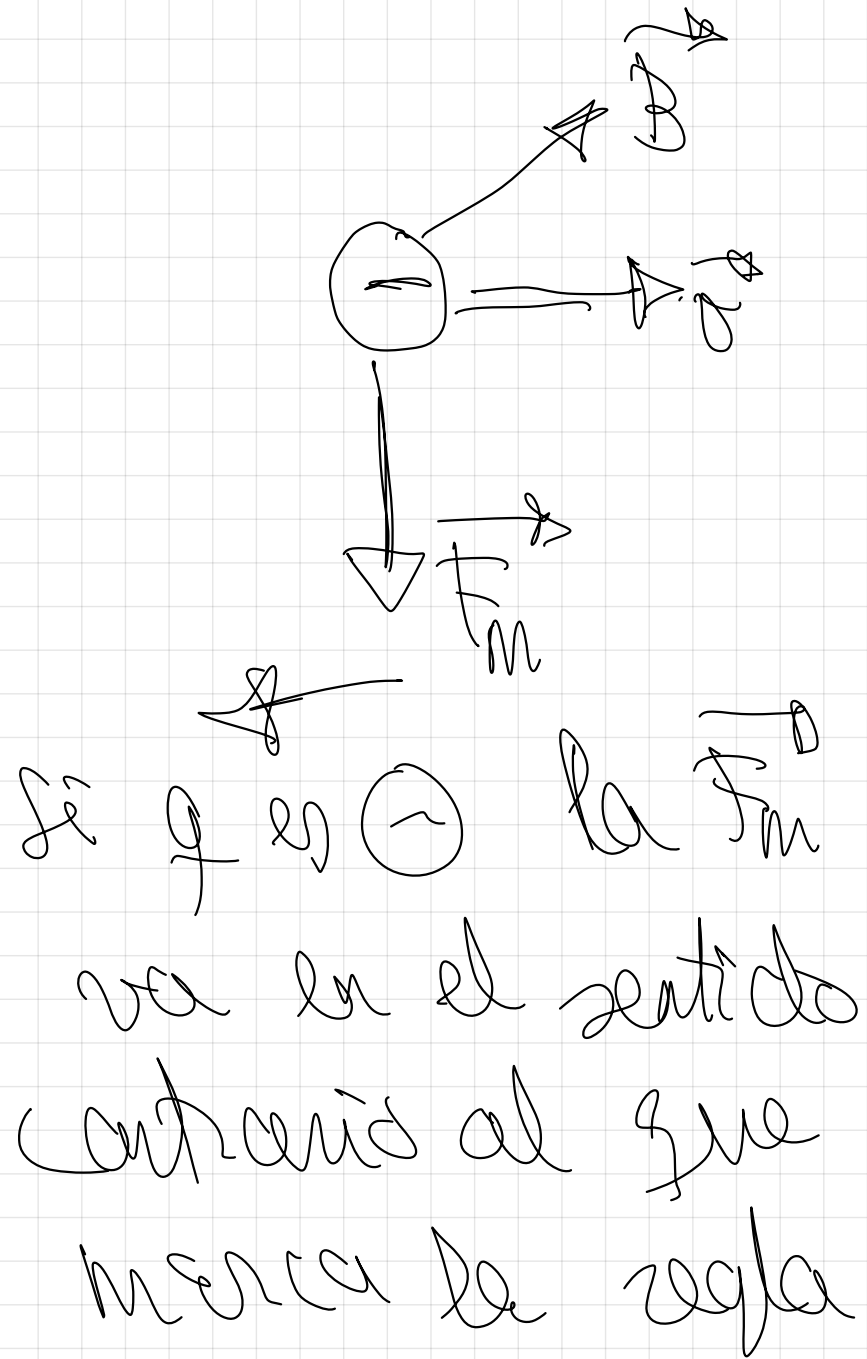
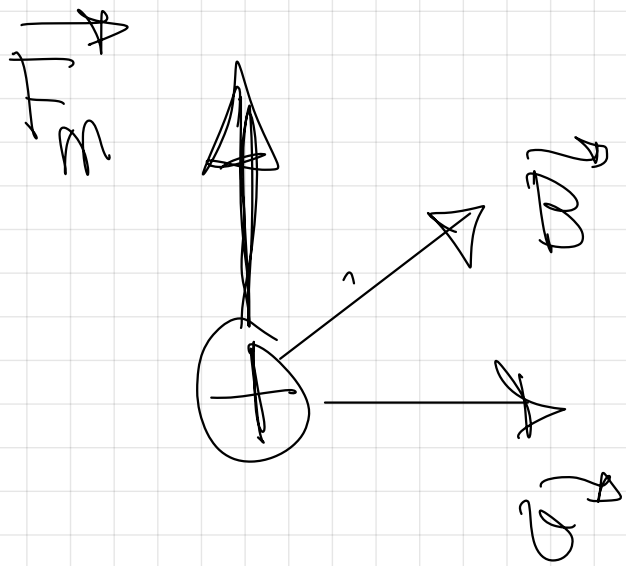
$$\begin{aligned}
 &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot (-B_2) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot (-B_2) \\
 &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot (-B_2) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot (-B_2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot (-B_2) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot (-B_2)$$



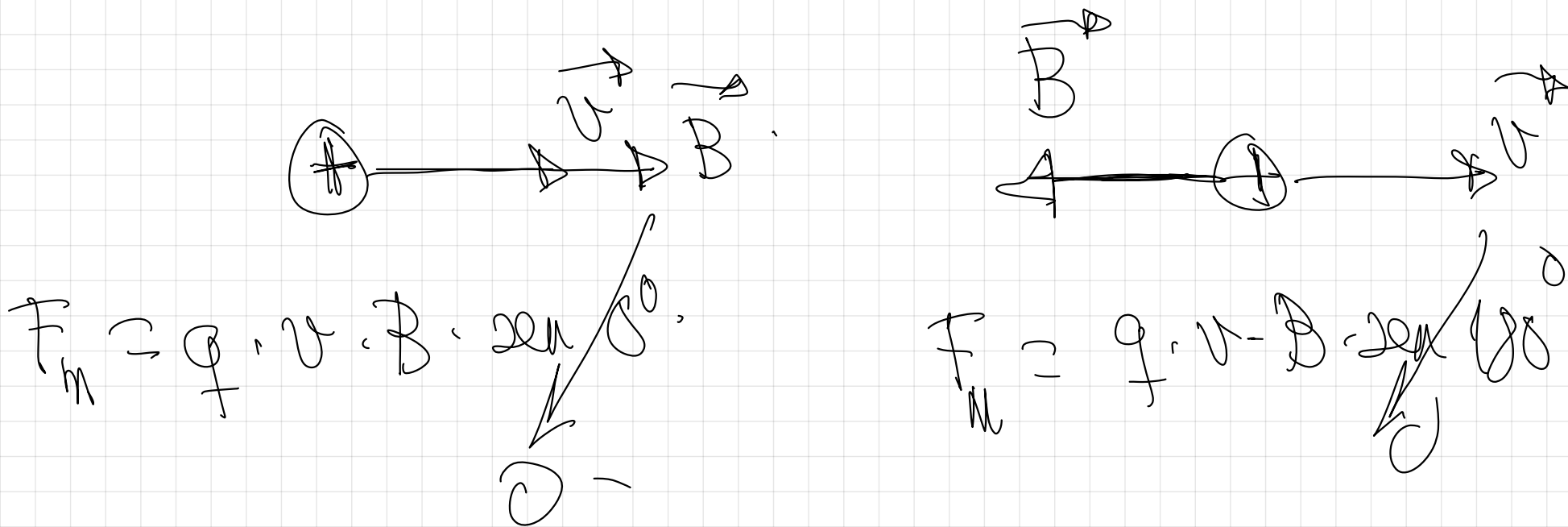
$$\vec{E} + \vec{F} = \vec{G} + \vec{H} + \vec{I}$$



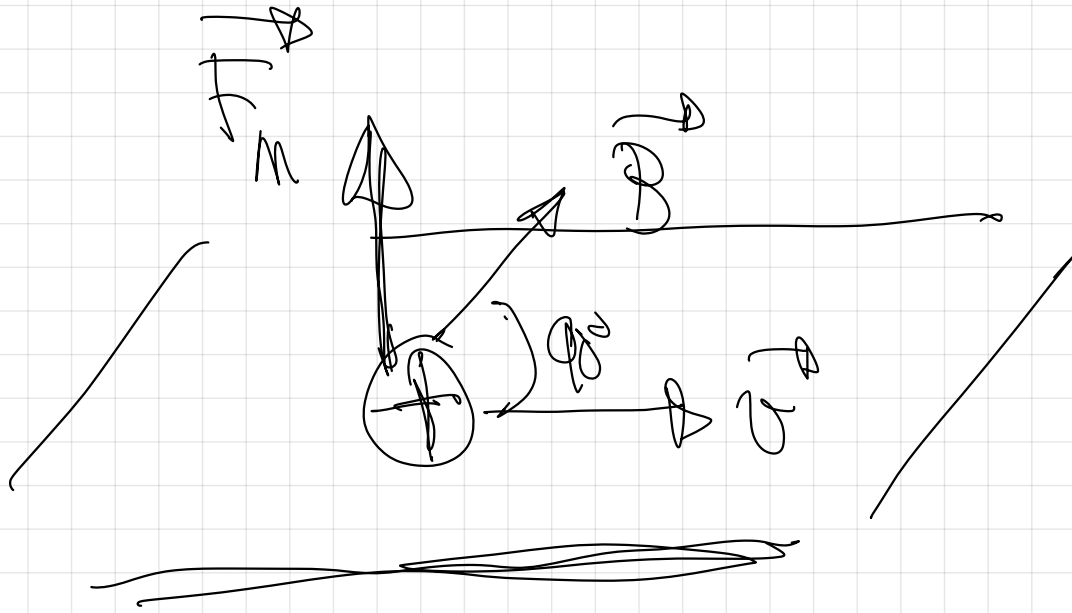


de la mano izquierda,

Campo magnético y trayectoria.



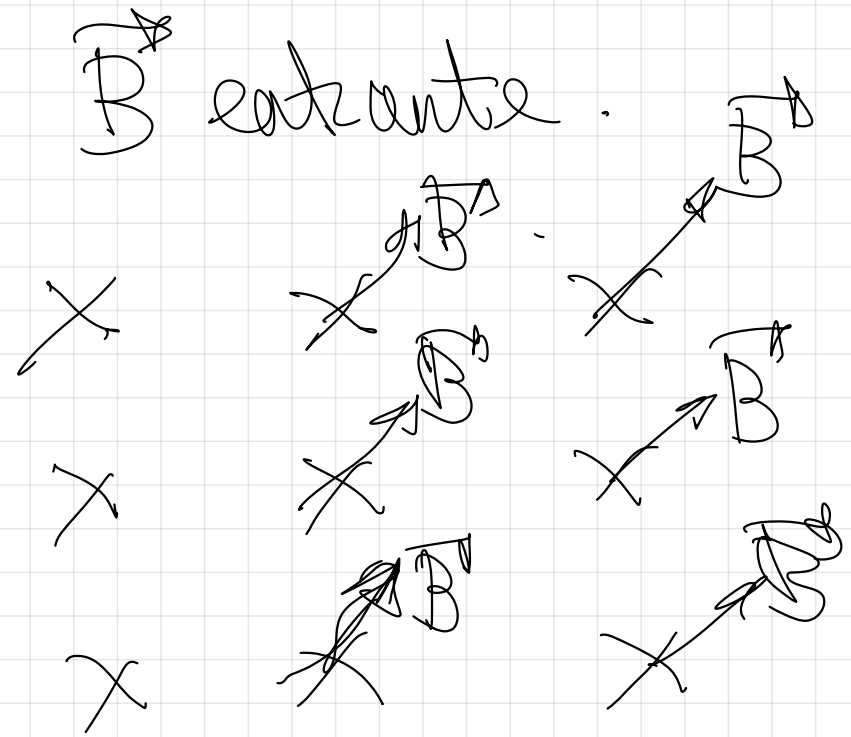
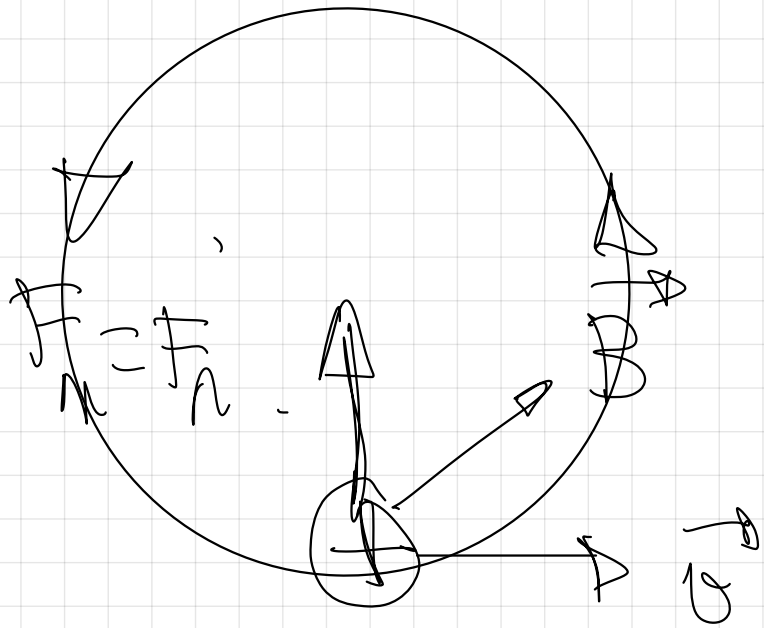
$$\alpha = 90^\circ$$



$$\frac{F}{m} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$$

$F_m \perp$ al plano,
formado por \vec{v} y \vec{B}

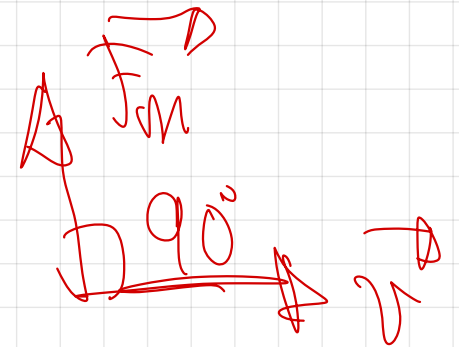
\vec{F}_m siempre es \perp
a la velocidad



No tîlcu / zati do
 halbur de \vec{F} magnetic
 ni de potential magnetic

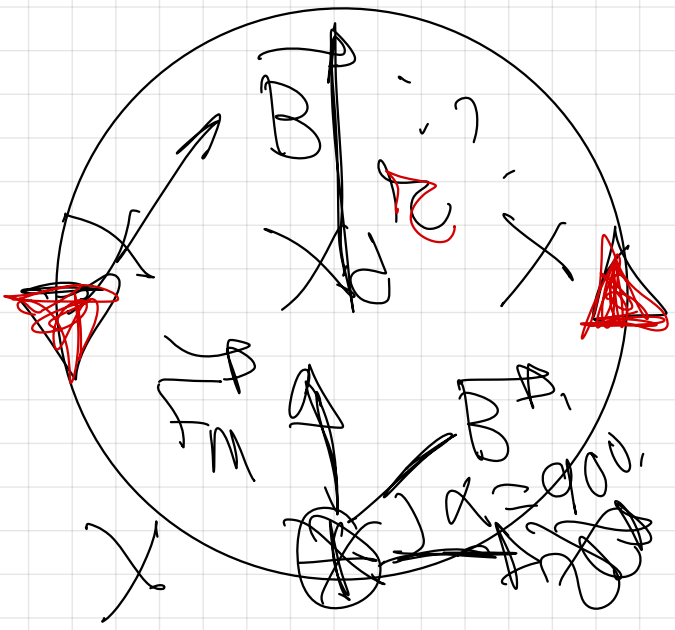
$$W_{F_m} = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ$$

ley of
 cosent



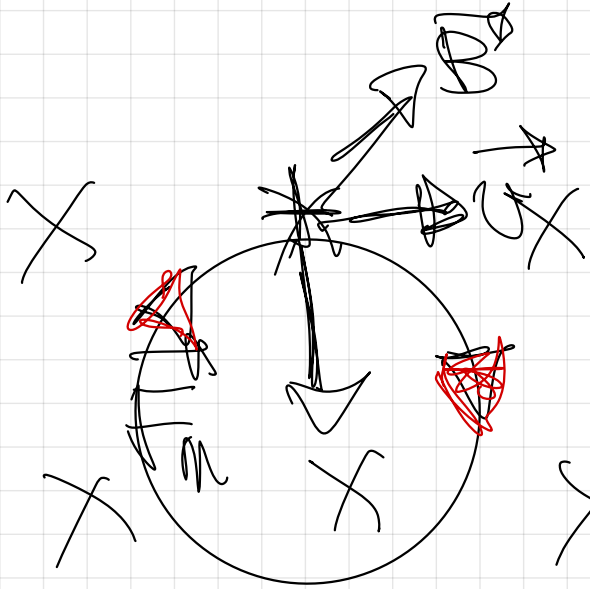
$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

$$W = 0 \Rightarrow \text{sempre.}$$



X

X



X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

X

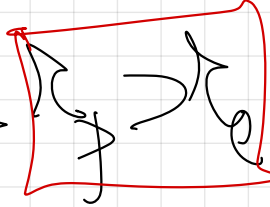
$$F_n = F_n$$

$$f \cdot \sigma \cdot B \cdot \text{sea} \cdot \rho \cdot \sigma \cdot m \cdot a_n$$

$$f \cdot \sigma \cdot B = m \cdot \frac{a_n}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{m \cdot a_n}{f \cdot B}$$

$$m_f > m_e$$



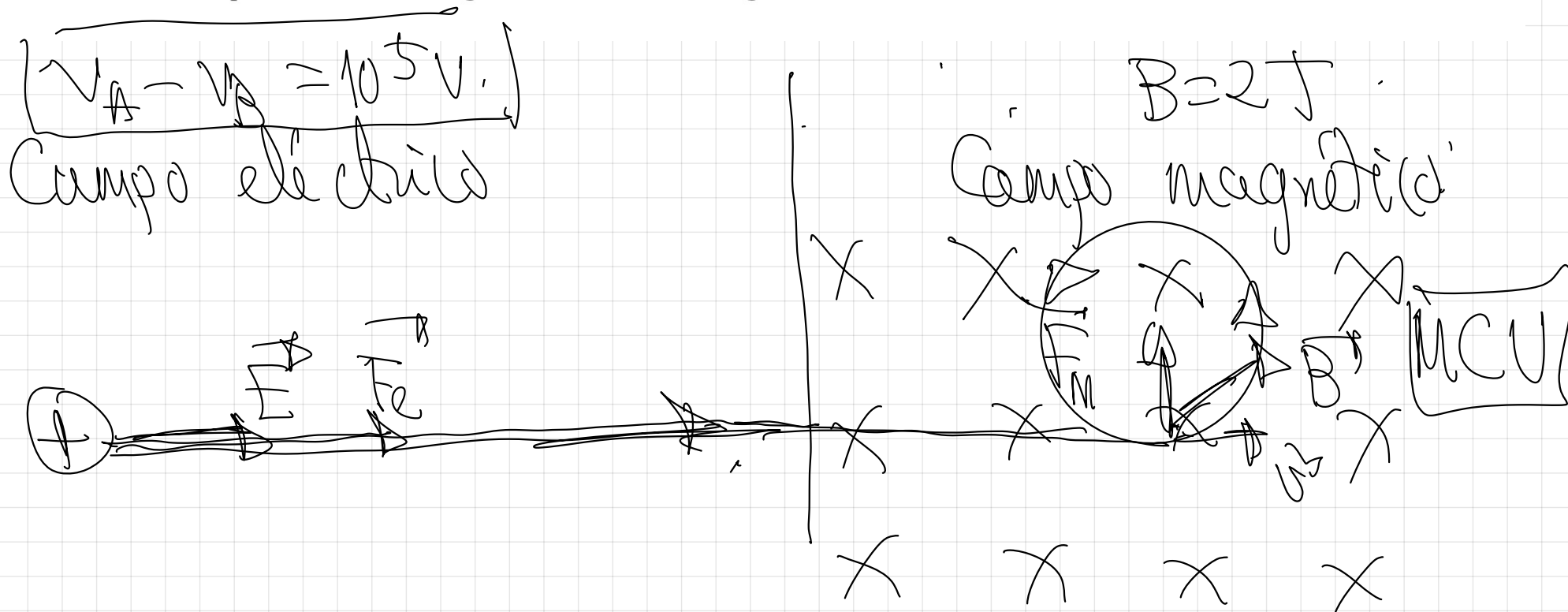
1.- Un protón, acelerado por una diferencia de potencial de 10^5V , penetra en una región en la que existe un campo magnético uniforme de 2T , perpendicular a su velocidad y de sentido entrante en el papel.

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 penetrara con la misma velocidad en el campo magnético.

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

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



$E_{\text{eléctrica}} \downarrow$, $E_c \uparrow$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

$$F_m = F_n$$

$$q \cdot v \cdot B \cdot \cos 90^\circ = m \cdot a_n$$

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

$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 4.38 \cdot 10^6}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 2} = 2.28 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

F_m solo cambia
la v en dirección
y no el módulo

(Es una F_n
la que actúa)

$$\text{La } E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \text{cte}$$

$$\varphi_{A \rightarrow B} = \Delta E_{A \rightarrow B}$$

$$h \nu \cdot (\nu_A - \nu_B) = \frac{1}{2} M v^2 - \frac{1}{2} M v_0^2$$

$$\frac{2 h \nu (\nu_A - \nu_B)}{M} = v$$

$$v = 4138 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} = 32 \cdot 10^8 \text{ s}$$

$$16 \cdot 10^{-11} \cdot 2$$

c) Para calcular el periodo T del protón tenemos en cuenta que en un M.C.U. $\Rightarrow v = \frac{2\pi r_p}{T}$

espacio recorrido: longitud de una circunferencia

$$T_p = \frac{2\pi \cdot r_p}{v} = \frac{2\pi \cdot 2'28 \cdot 10^{-2}}{4'38 \cdot 10^6} = 3'2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

tiempo empleado: periodo

$$T_{e^-} = \frac{2\pi r_{e^-}}{v} \rightarrow \text{A ser } r_p > r_{e^-}, \text{ entonces } \boxed{T_p > T_{e^-}}$$

El periodo no es el mismo.

(v) \rightarrow la velocidad en la que penetraron era la misma

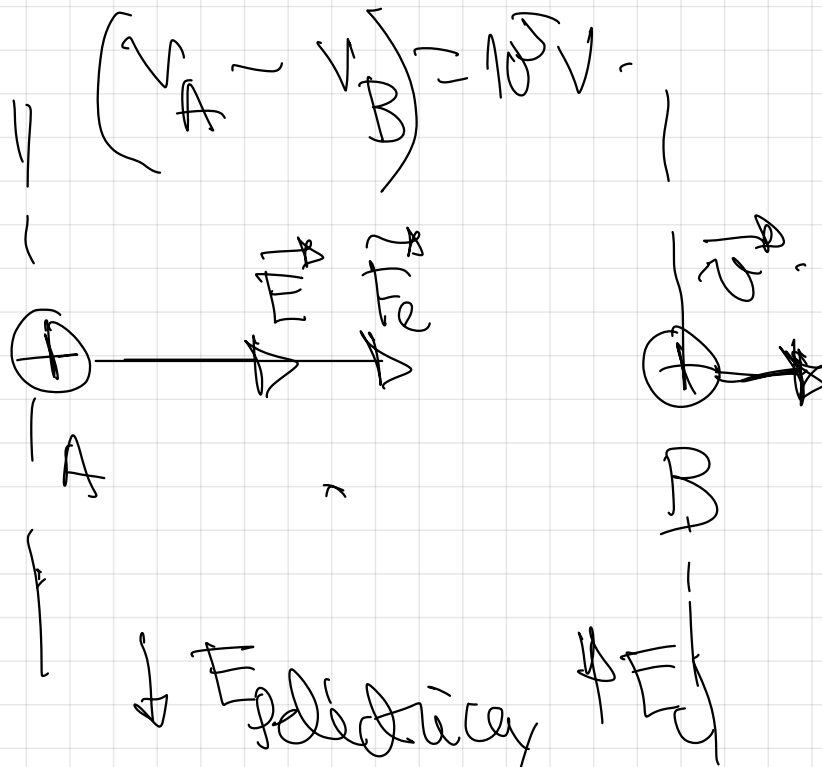
2.- Un protón, tras ser acelerado mediante una diferencia de potencial de 10^5 V, entra en una región en la que existe un campo magnético de dirección perpendicular a su velocidad, describiendo una trayectoria circular de 30 cm de radio.

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?

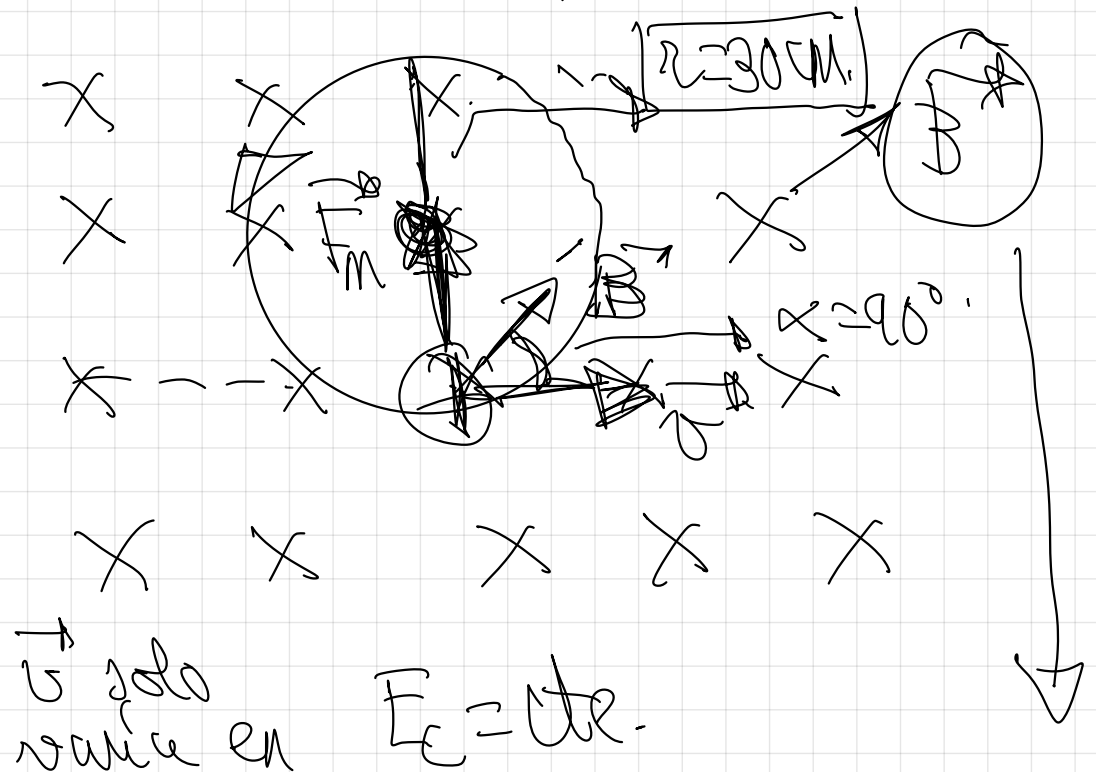
$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$

CAMPO ELÉCTRICO.

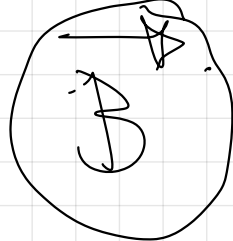


pag 95.

CAMPO MAGNÉTICO.



detecida,
no en módulo ↓



$$F_m = F_n$$

$$r = 30 \text{ cm}$$

$$r = 0.3 \text{ m}$$

↓

$$W_{A \rightarrow B} = DE_{A \rightarrow B}$$

$$q \cdot (V_A - V_B) = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2$$

~~$q \cdot U \cdot B \cdot \sin 90^\circ = m \cdot a$~~

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

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

$$B = \frac{m \cdot v}{q \cdot r} = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 4.38 \cdot 10^6}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.3}$$

$$v = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^5}{1.67 \cdot 10^{-27}} = 4.38 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$B = 0.15 \text{ T}$$

Como varia r ?

B se duplica.

Obtengo la expresión de r .

$$g = v/B \cdot \cancel{2\pi} \cdot \cancel{r} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

X X X X X X
X X X X X X
X X X X X X
X X X X X

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

$$g \cdot B$$

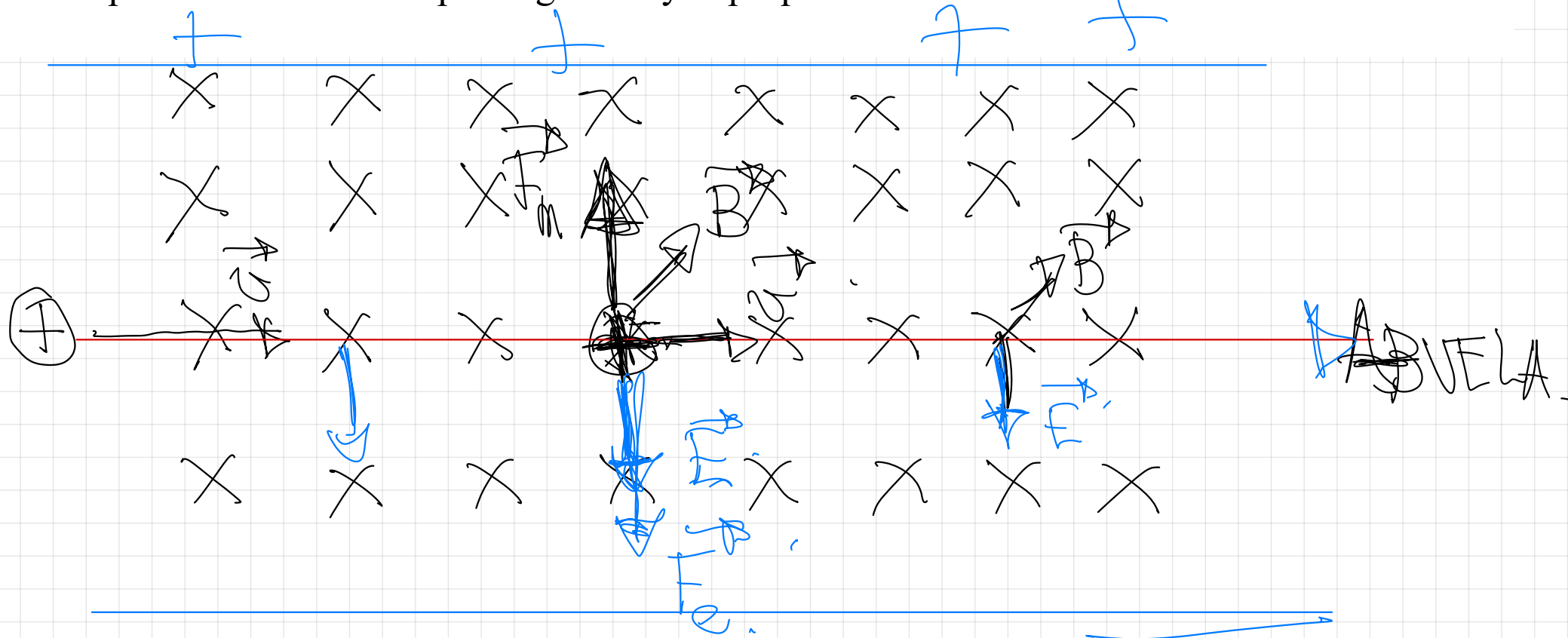
$$r' = \frac{m \cdot v}{g \cdot 2B}$$

$$r' = \frac{1}{2} r$$

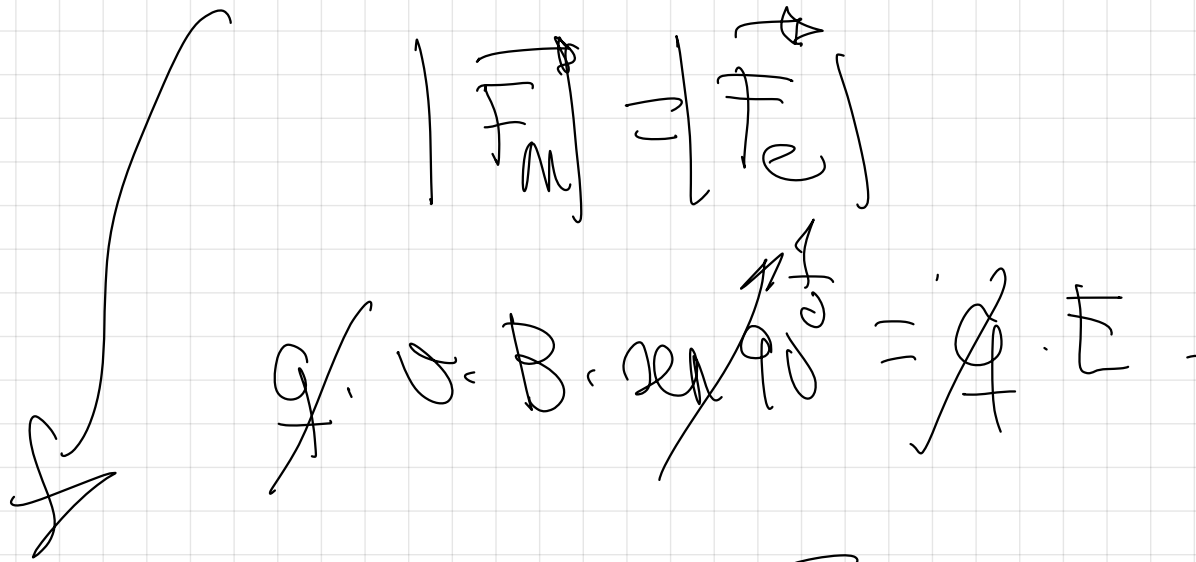
El radio r reduce a la mitad.

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 simultáneamente a un campo eléctrico y a otro magnético, perpendiculares entre si y perpendiculares a la velocidad de la carga?

b) Dibuje las trayectorias de la partícula cargada del apartado a) si solo existiera el campo eléctrico o el campo magnético y explique en cada caso si varía la velocidad

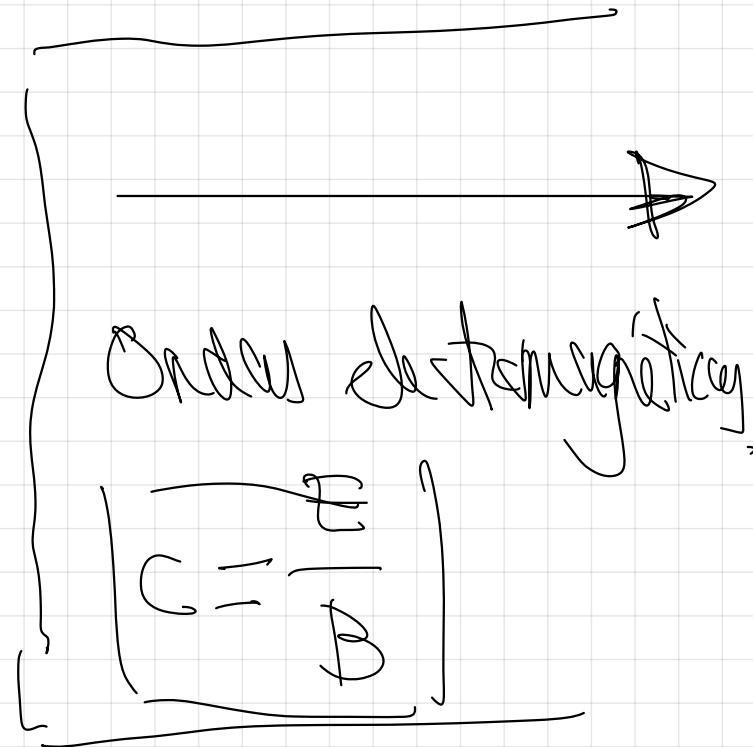
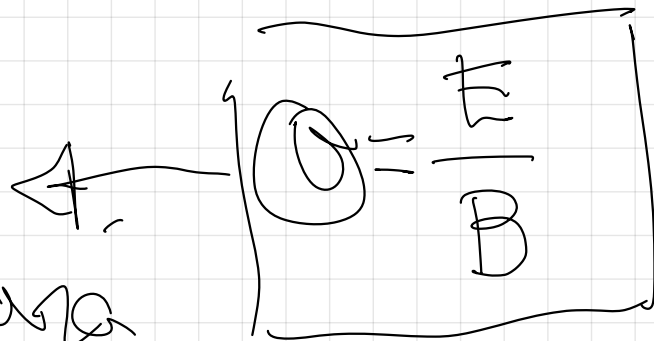


Para que no se desvíe:

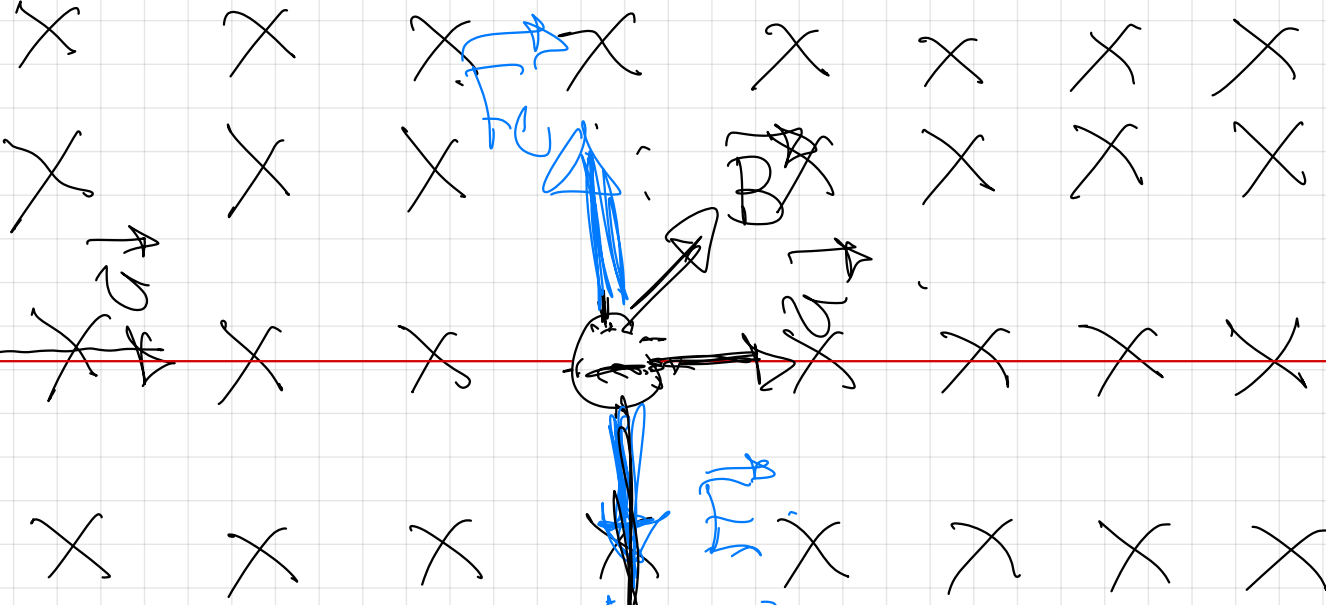


$$v \cdot B = \frac{mg}{q}$$

Debe penetrar
 con esta
 velocidad para
 que la condición
 de equilibrio
 se cumpla.

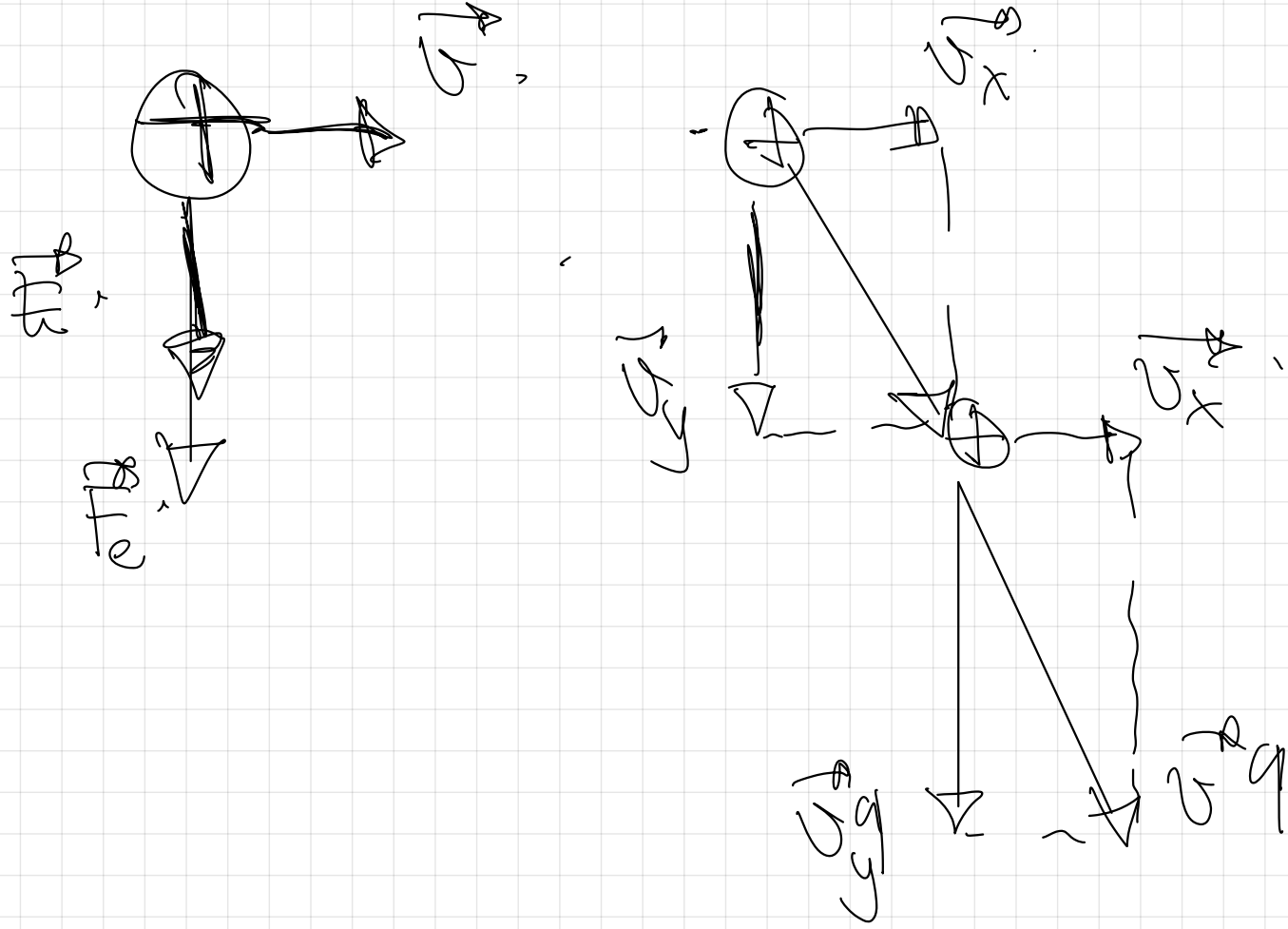


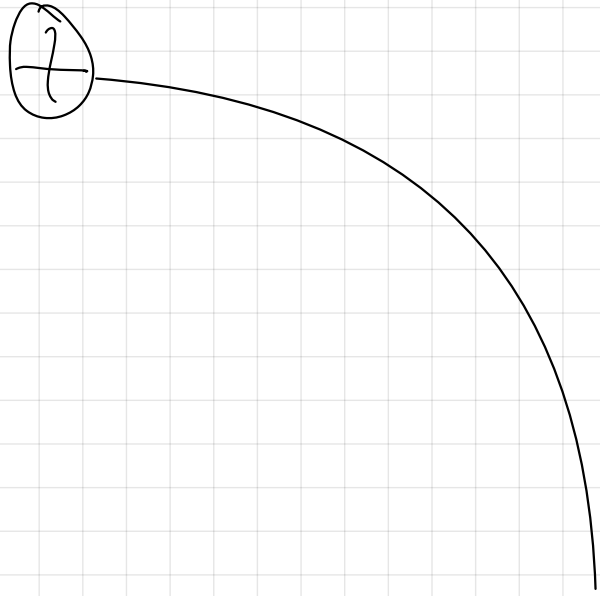
1



ABUELA.

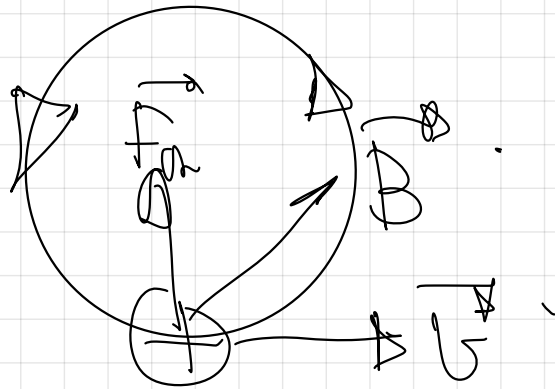
Si solo existe el eléctrico.





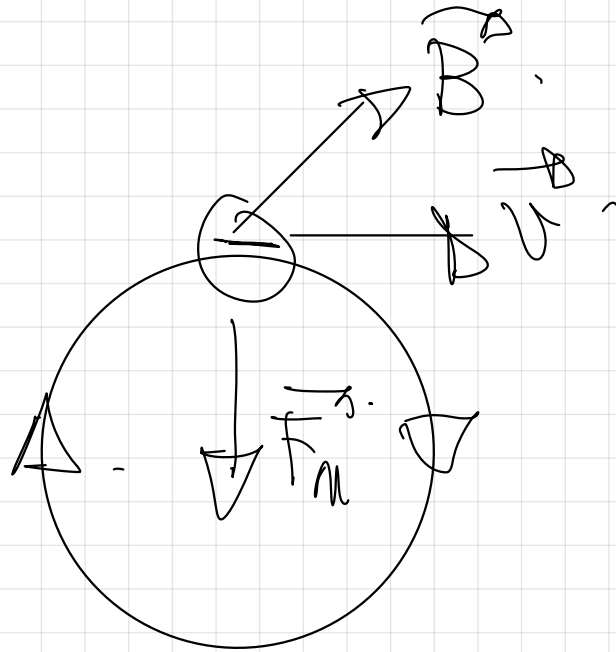
Si solo actúa el
eléctrico \vec{q} \vec{v} .

Si solo actúa el magnético

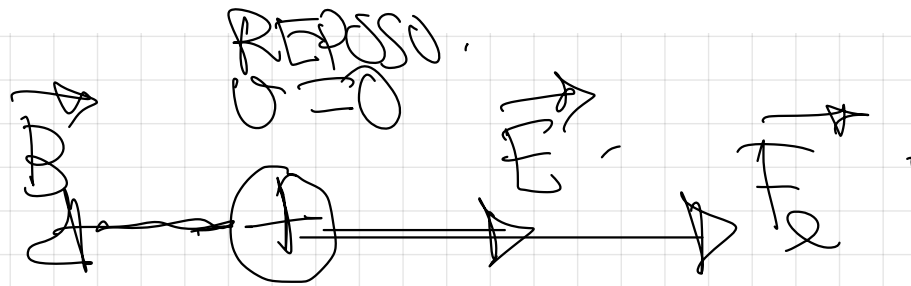


MUV.

lo vaia lo \vec{v}
en módulo =



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.



$$F_m = q \cdot v \times B \text{ cuando } v \rightarrow 0$$

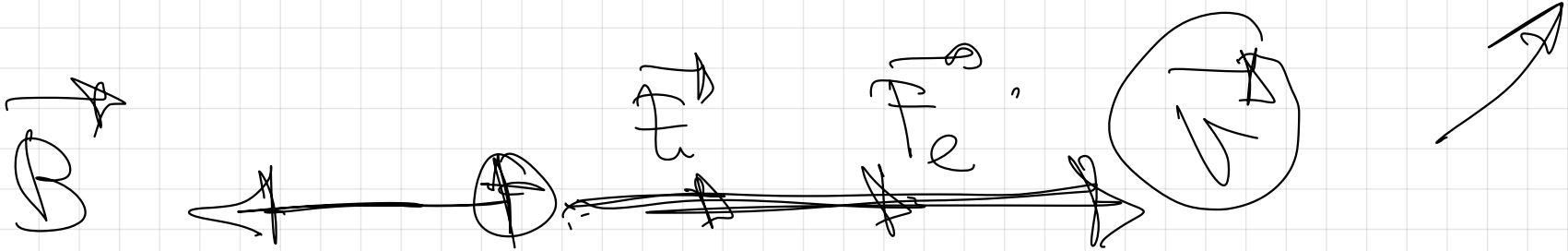
$$F = q \cdot E$$

Por el efecto de la F eléctrica la carga se moverá.

$$F_m = 0,$$

Movimiento
acelerado.

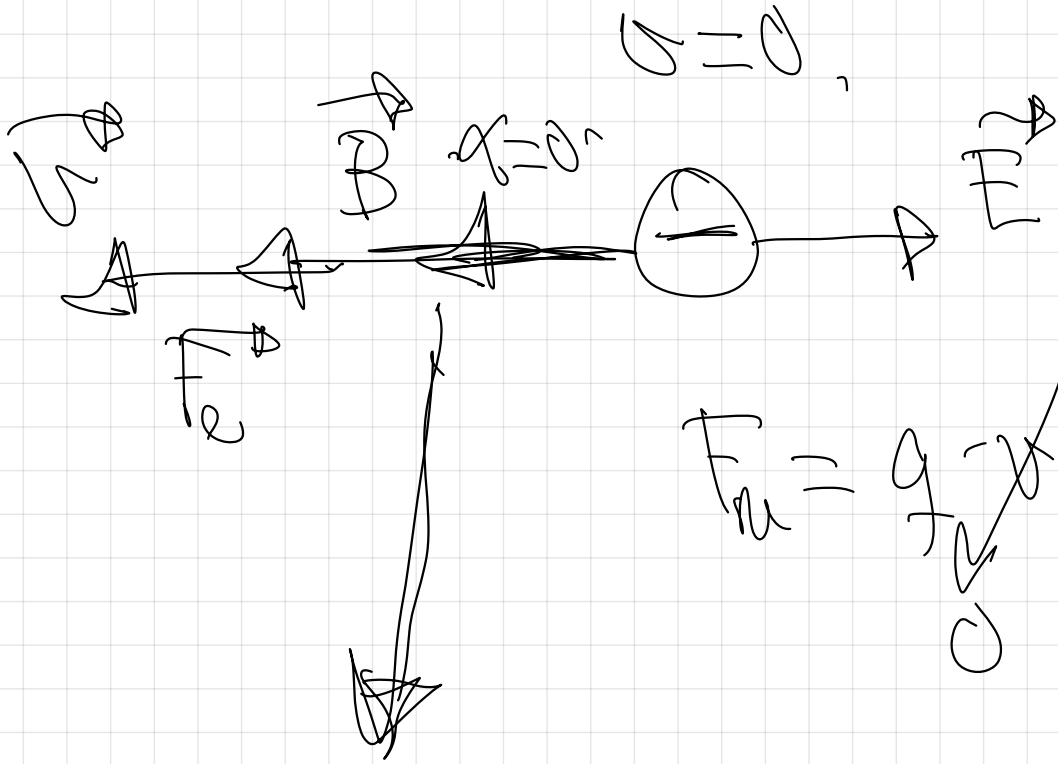
$F_e = m \cdot a$
Se \vec{v} uniforme
~~o~~ a uniforme,
MRUA.



$$\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B} \cdot \sin(90^\circ) = 0,$$

La F_m no actúa cuando la velocidad
de la carga y el campo van en la

misma dirección.



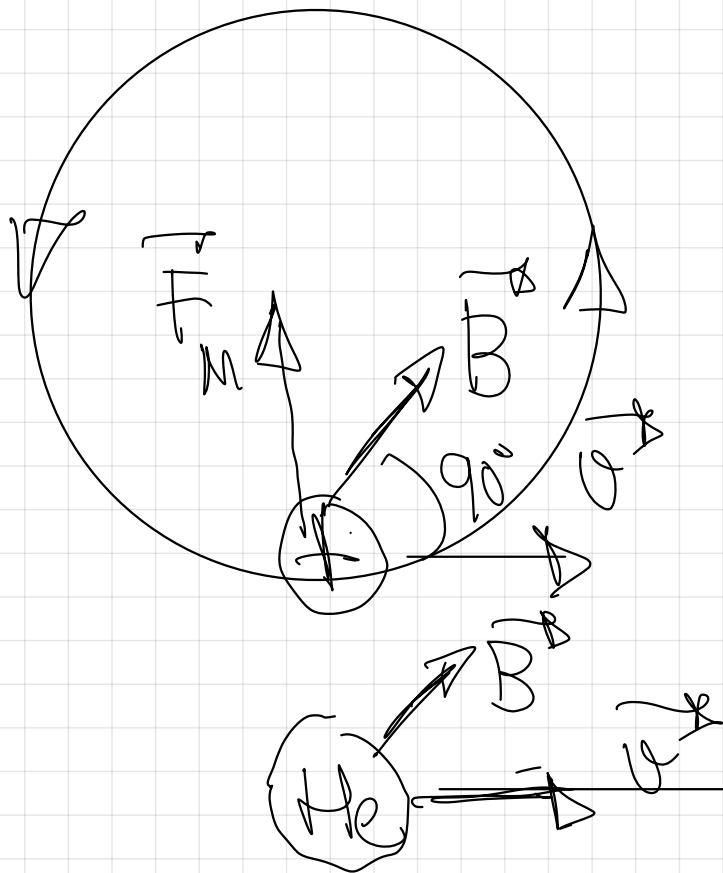
$$F_u = g - B - \sigma = 0$$

$$M = g \cdot a - B \cdot 2a - \sigma \cdot a = 0$$

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?

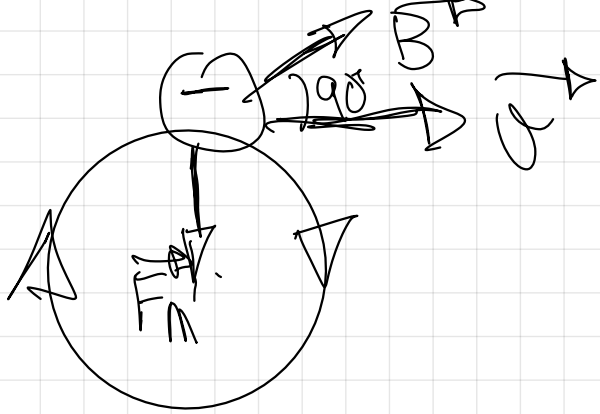


$$q_p = |q_e| = e$$

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin 90^\circ$$

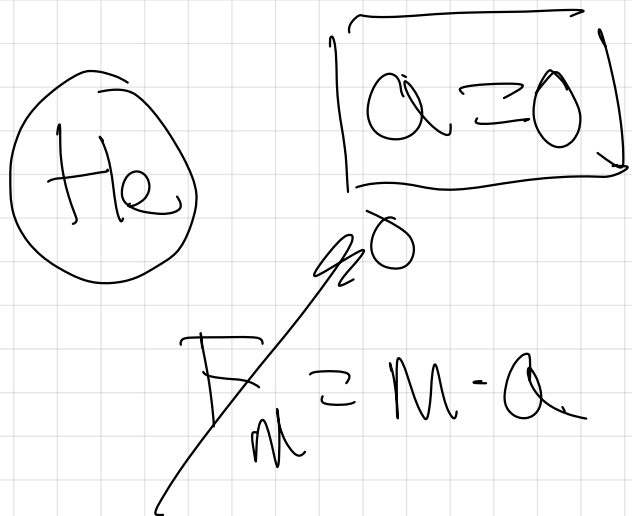
$$F_{mp} = q \cdot v \cdot B$$

$$F_{m_{He}} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha = 0$$



$$F_{m_e} = e \cdot v \cdot B \cdot \sin 90^\circ$$

$$F_{m_p} = F_e \Rightarrow F_{He} \nearrow 0$$



$$\oplus \quad F_m = m_p \cdot a_{np} \downarrow$$

$$\parallel m_p > m_e$$

$$\ominus \quad F_m = m_e \cdot a_{ne} \uparrow$$

$$a_{ne} \rightarrow a_{np} > a_{He} \nearrow 0$$

$$\frac{|v^2|}{r} \quad \frac{|v^2|}{r}$$

$$r_e < r_p$$

¿ Cond varía en E_c ?

E_{cp} no varía ya que $E_c = \frac{1}{2} m v_p^2$
y r_{cp} no hace cambios de velocidad
en módulo (en dirección sí).

$$W = \int E_c = 0.$$

E_c neutra no varía no varía ya que no se ejerce sobre el ninguna fuerza.

$$F = 0 \Rightarrow a = 0 \Rightarrow v = ct$$

E_c^- no varía por la misma razón que la el protón.

¡Ojo! No varía la E_c a ninguno
de los tres pero,

$$m_{\text{He}} > m_p > m_{e^-}$$

$$E_{c\text{He}} > E_{cp} > E_{ce^-}$$

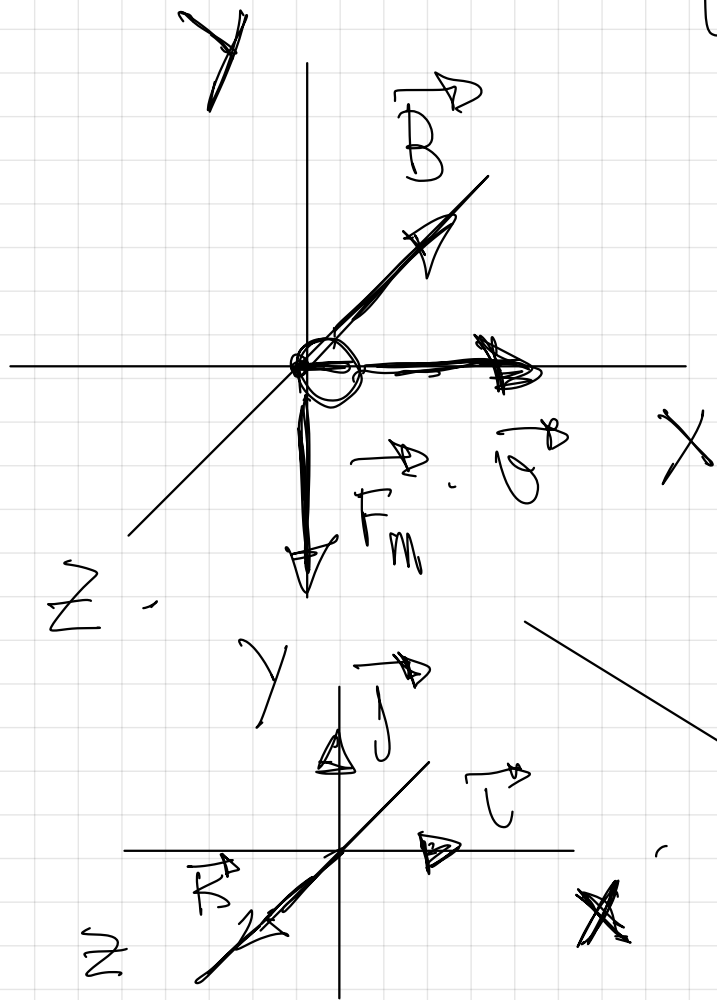
Aunque la E_c no varía,
el átomo de He es el
que tiene mayor masa
y por ello mayor E_c

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Es igual en los tres.

49.- En una región del espacio existe un campo magnético uniforme en el sentido negativo del eje Z. Indique, con la ayuda de un esquema, la dirección y sentido de la fuerza magnética en los siguientes casos:

- una partícula β que se mueve en el sentido positivo del eje X;
- una partícula α que se mueve en el sentido positivo del eje Z;

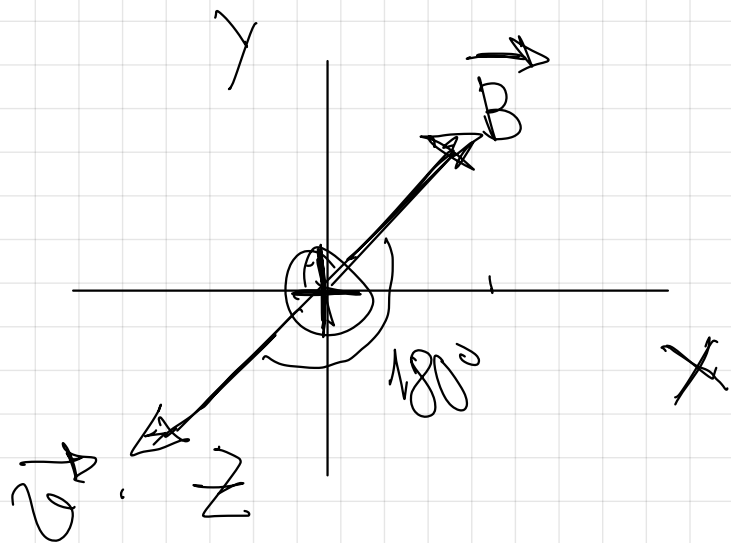


la partícula β es un electrón de origen nuclear, \odot , su masa es la del electrón

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

↓
Ley de Lorentz

→ Dirección de la fuerza perpendicular al plano formado por \vec{v} y \vec{B} .
Sentido de la fuerza: el contrario al que nos marca la regla de la mano izquierda



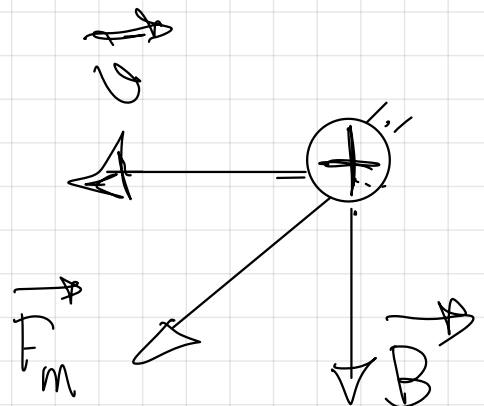
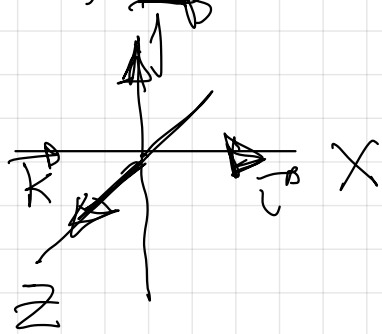
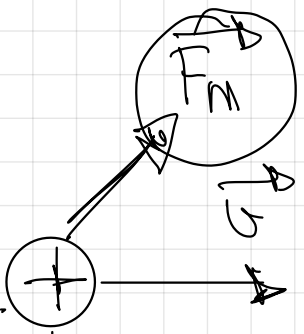
$$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin 180^\circ = 0$$

No aparece fuerza magnética ya que el campo magnético \vec{B} posee la misma dirección que la velocidad \vec{v} (y en este caso sentido contrario).

La partícula α equivale a 2 protones junto a 2 neutrones (${}^4_2\text{He}$), posee 2 cargas positivas y como $m_p \approx m_n$ $M_{{}^4_2\text{He}} \approx 4m_p$

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

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

$$\vec{F}_m = q \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{F}_m = q \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix}$$

$$\vec{F}_m = q v_x B_y \hat{k} - q v_y B_x \hat{k}$$

En ambos casos la F_m es perpendicular al plano formado por v y B (plano del papel o pizarra).
 Su sentido lo da la regla de la mano izquierda (CONPROBARLA)

uniforme

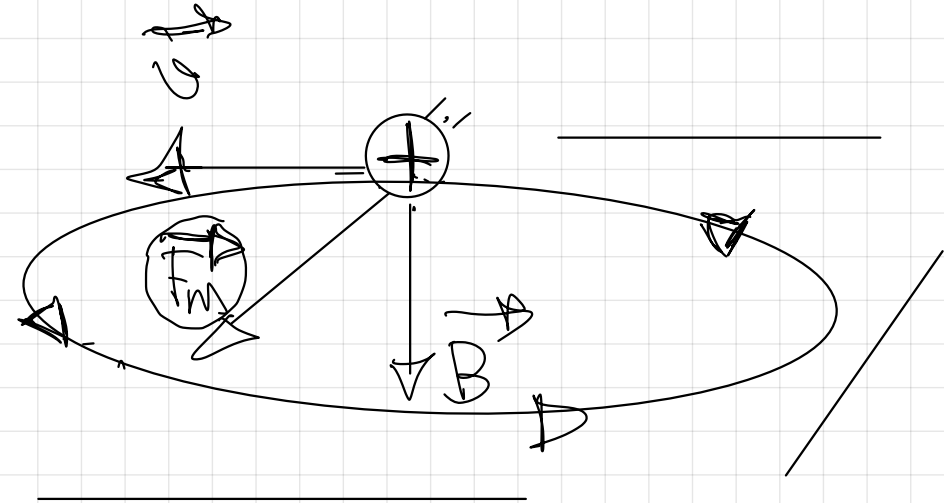
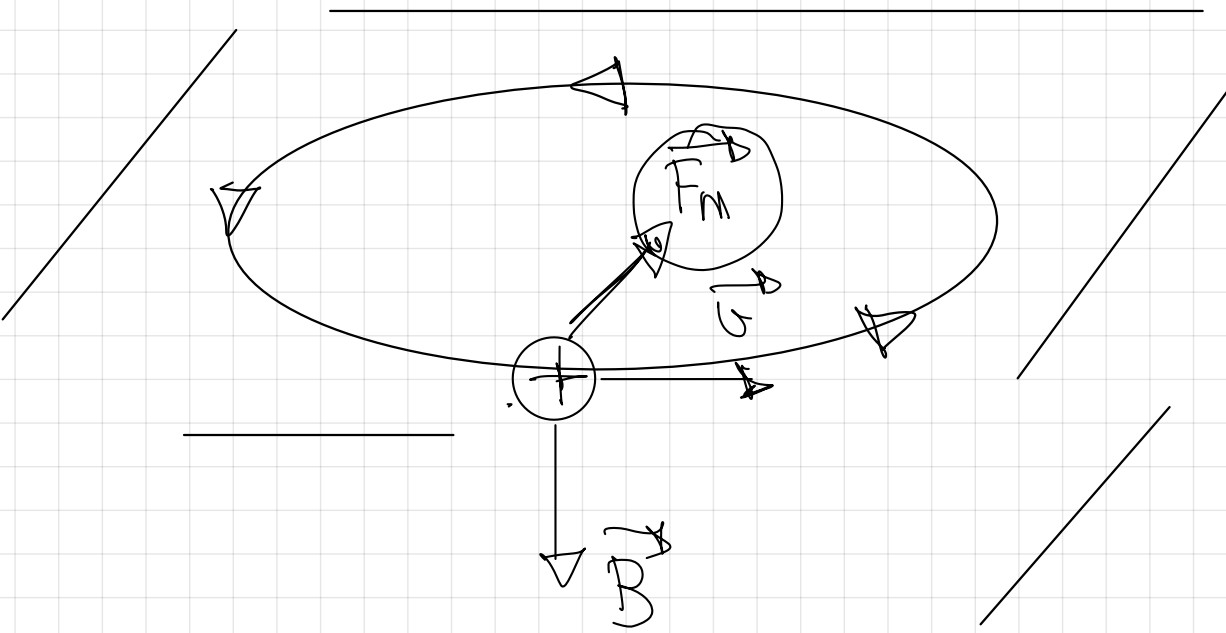
Ley de Lorentz

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

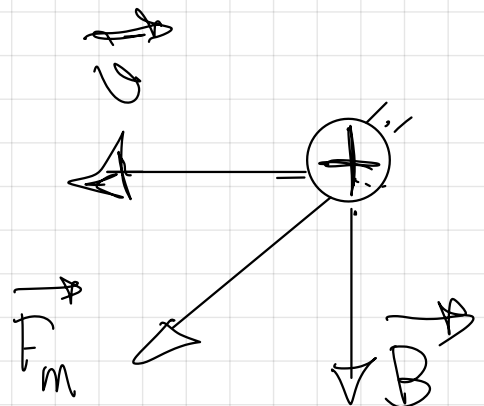
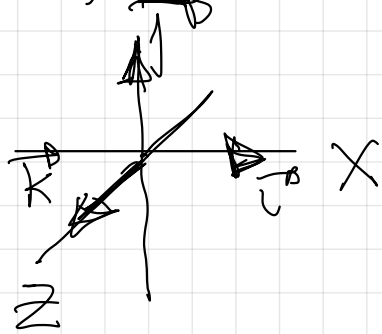
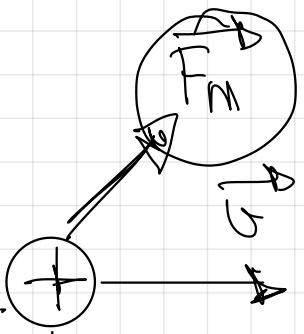
$$\vec{F}_m = q \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{F}_m = q \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix}$$

$$\vec{F}_m = +q v_x B_y \hat{k} - q v_y B_x \hat{k}$$



↙
↘
 Trayectoria circular ya que la F_M sea siempre perpendicular a la velocidad, como se ve en el dibujo estaría en un plano horizontal y en el sentido descrito.



Ley de Lorentz

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

$$\vec{F}_m = q \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

$$\vec{F}_m = q \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ -v_y \\ 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{F}_m = q v_x B_y \hat{k}$$

En ambos casos la F_m es perpendicular al plano formado por v y B (plano del papel o pizarra).
 Su sentido lo da la regla de la mano izquierda (CONPROBARLA)

uniforme

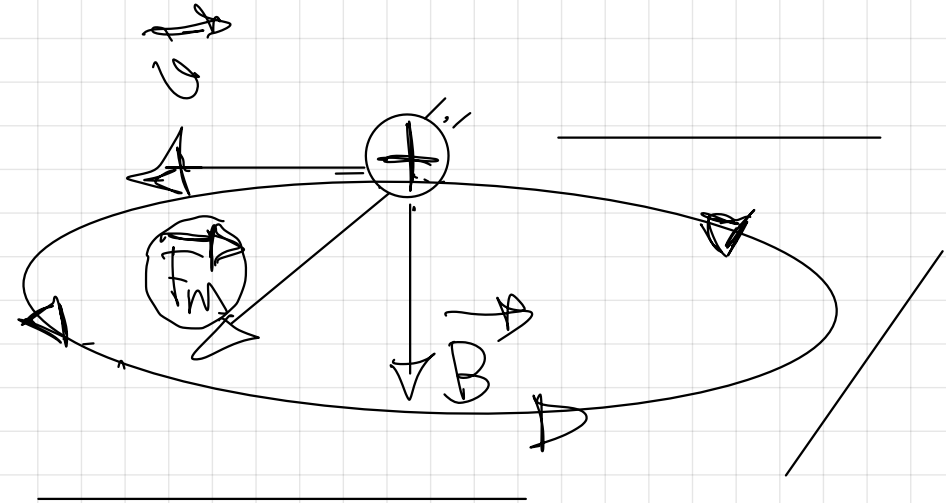
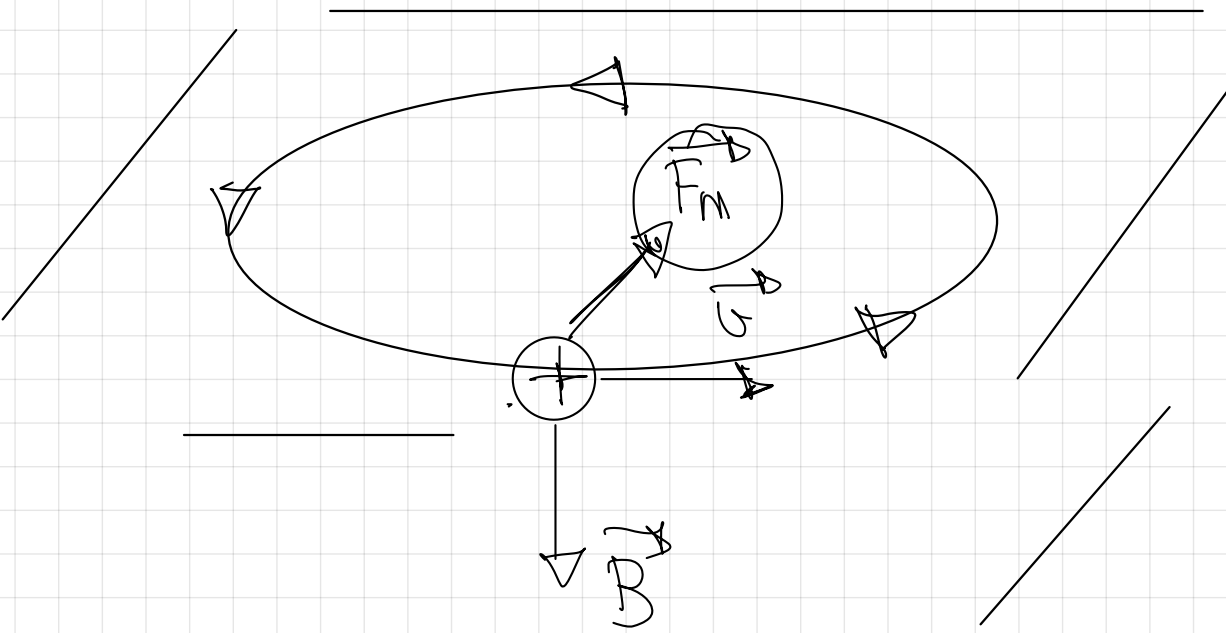
Ley de Lorentz

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

$$\vec{F}_m = q \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

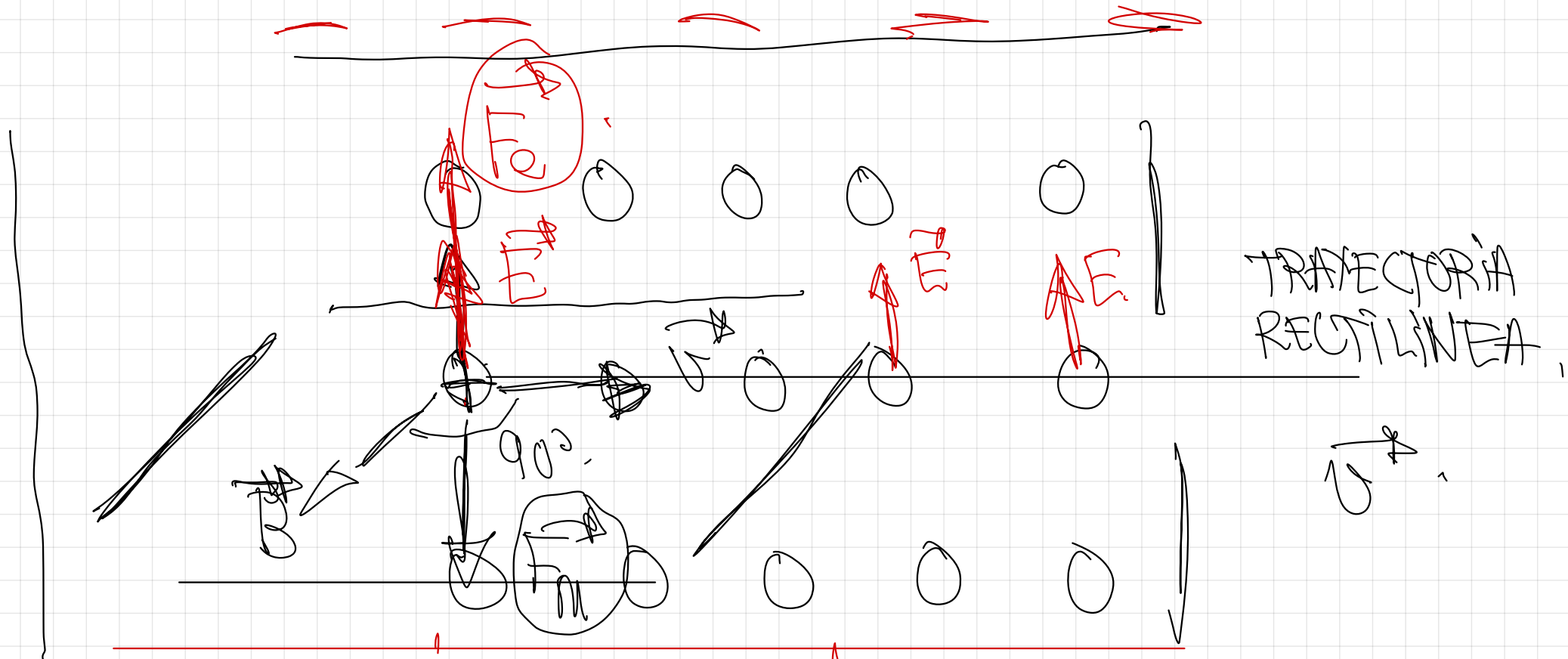
$$\vec{F}_m = q \cdot \begin{pmatrix} -v_y \\ v_x \\ 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{F}_m = +q v_x B_y \hat{k}$$



↙
↘
 Trayectoria circular ya que la F_m sea siempre perpendicular a la velocidad, como se ve en el dibujo estaría en un plano horizontal y en el sentido descrito.

SELECTOR DE VELOCIDADES



$$q \cdot E = q \cdot v \cdot B \quad \text{at } 90^\circ$$

$$E = v \cdot B$$

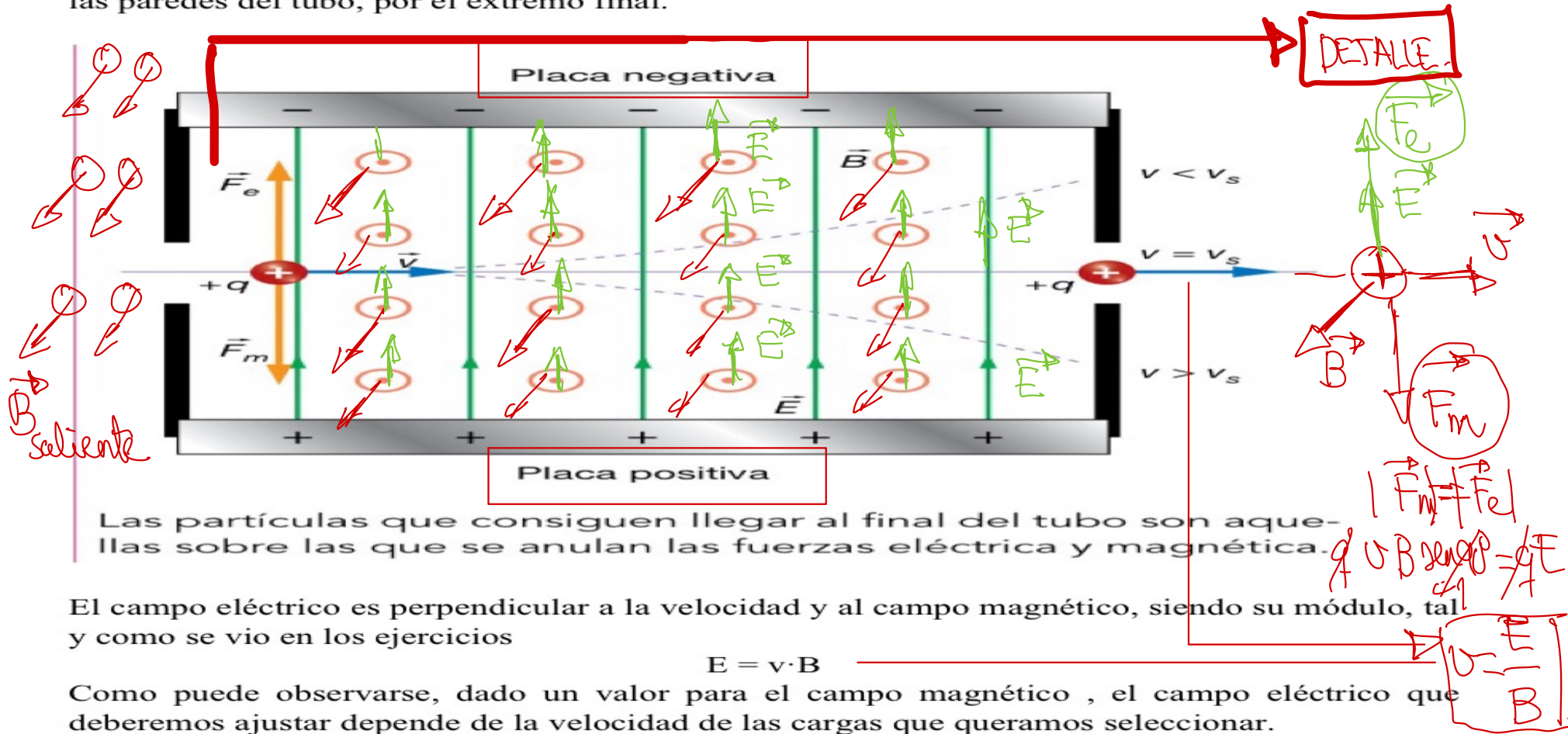
SELECTOR DE VELOCIDADES. ESPECTRÓMETRO DE MASAS. CLICLOTRÓN.
ACELERADORES DE PARTÍCULAS

PAG 76 DEL LIBRO

Un **selector de velocidades** es un tubo con un campo eléctrico y otro magnético, ambos uniformes en su interior. Estos dos campos son perpendiculares entre sí y también al eje longitudinal del tubo.

Por el extremo de entrada del tubo, se inyectan partículas cargadas que han sido aceleradas por una diferencia de potencial.

Los valores de los campos son ajustados para que la fuerza eléctrica y la magnética se cancelen entre sí en aquellas partículas cuya velocidad se seleccione. De este modo, de entre todas las partículas que entran en el tubo, las que se desplacen a la velocidad seleccionada continuarán en línea recta y saldrán por el extremo final del tubo. El resto de las partículas se desviarán, puesto que si experimentan una fuerza neta que hace que curven su trayectoria y choquen con las paredes del tubo, por el extremo final.



Las partículas que consiguen llegar al final del tubo son aquellas sobre las que se anulan las fuerzas eléctrica y magnética.

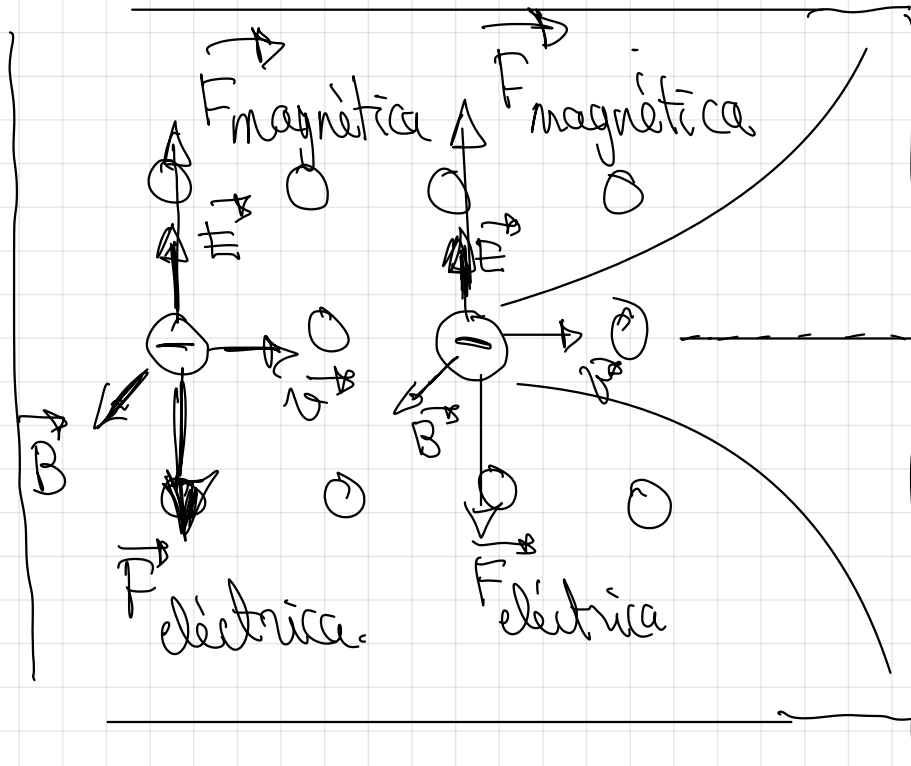
El campo eléctrico es perpendicular a la velocidad y al campo magnético, siendo su módulo, tal y como se vio en los ejercicios

$$E = v \cdot B$$

Como puede observarse, dado un valor para el campo magnético, el campo eléctrico que deberemos ajustar depende de la velocidad de las cargas que queremos seleccionar.

En la imagen aparece una carga eléctrica positiva, aunque el efecto es independiente del valor de la carga y de su signo.

la misma
orientación
de campos
también
funcionaria
en la carga
negativa.



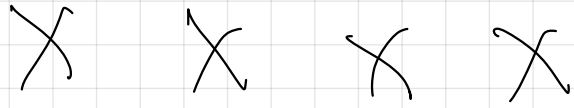
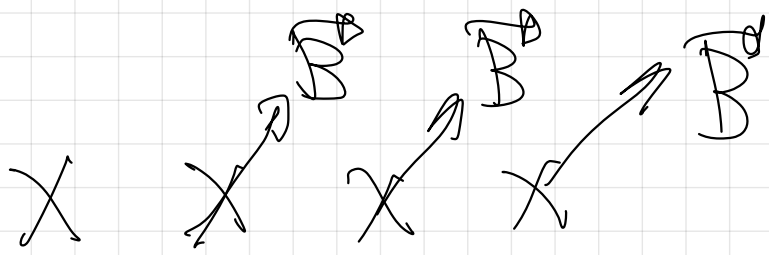
$F_m = F_e$

$q \cdot v B \sin \theta = q \cdot E$

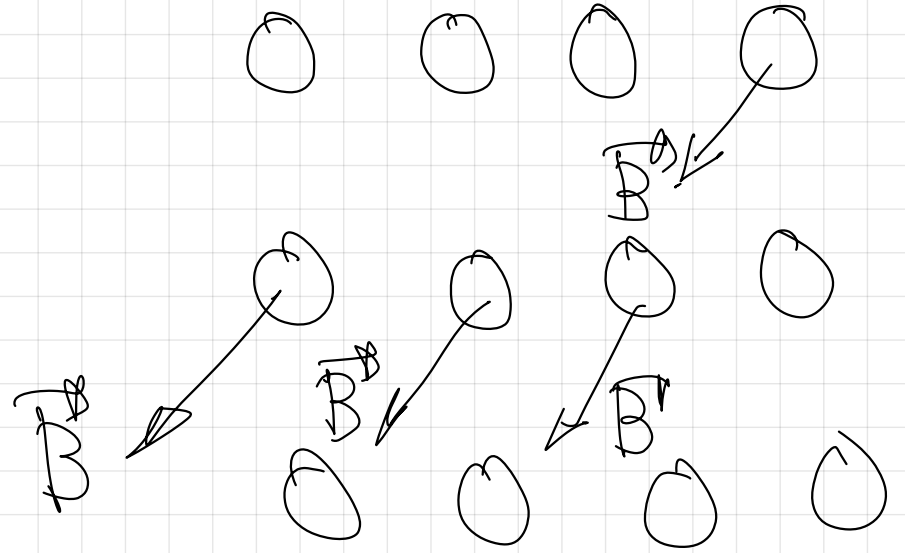
$v = \frac{E}{B}$

$v > v_{salida}$

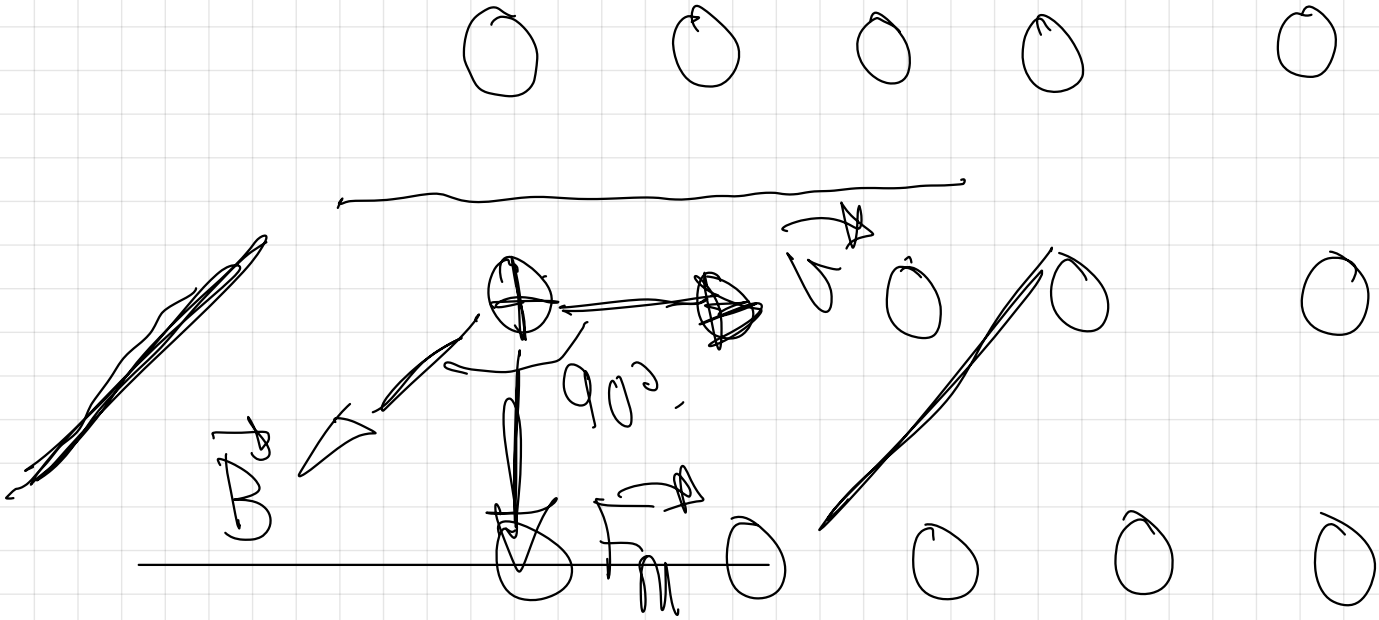
$v < v_{salida}$

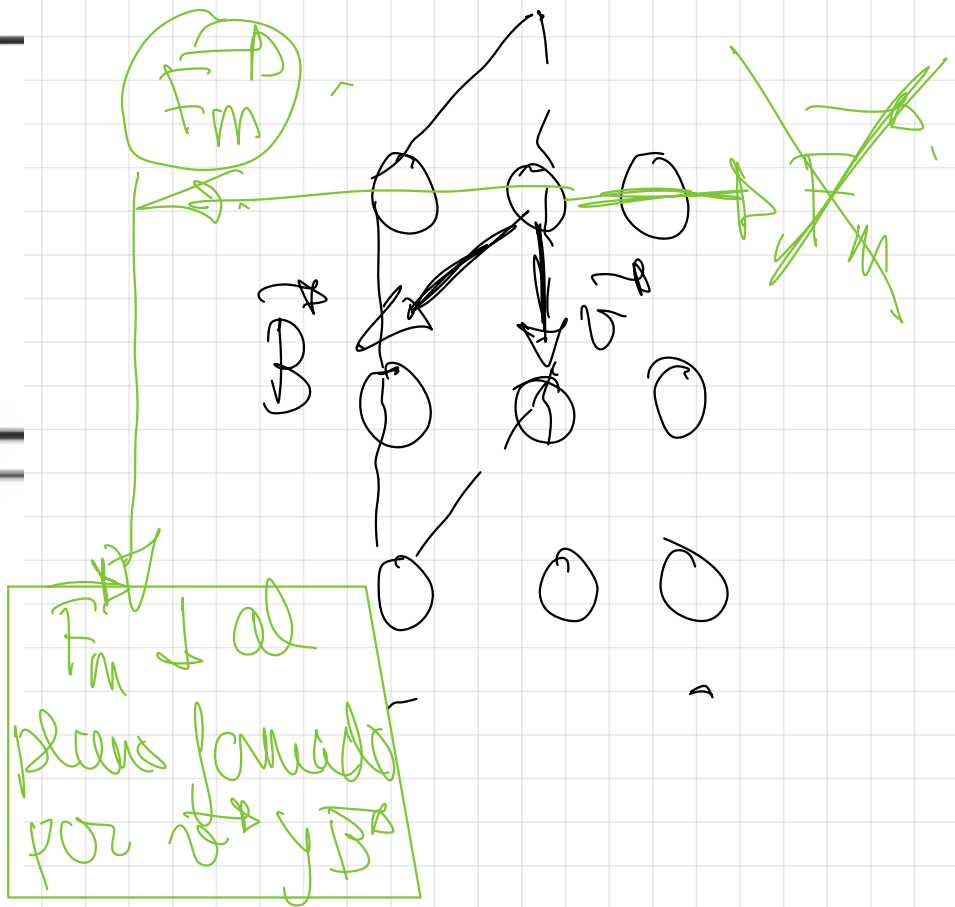
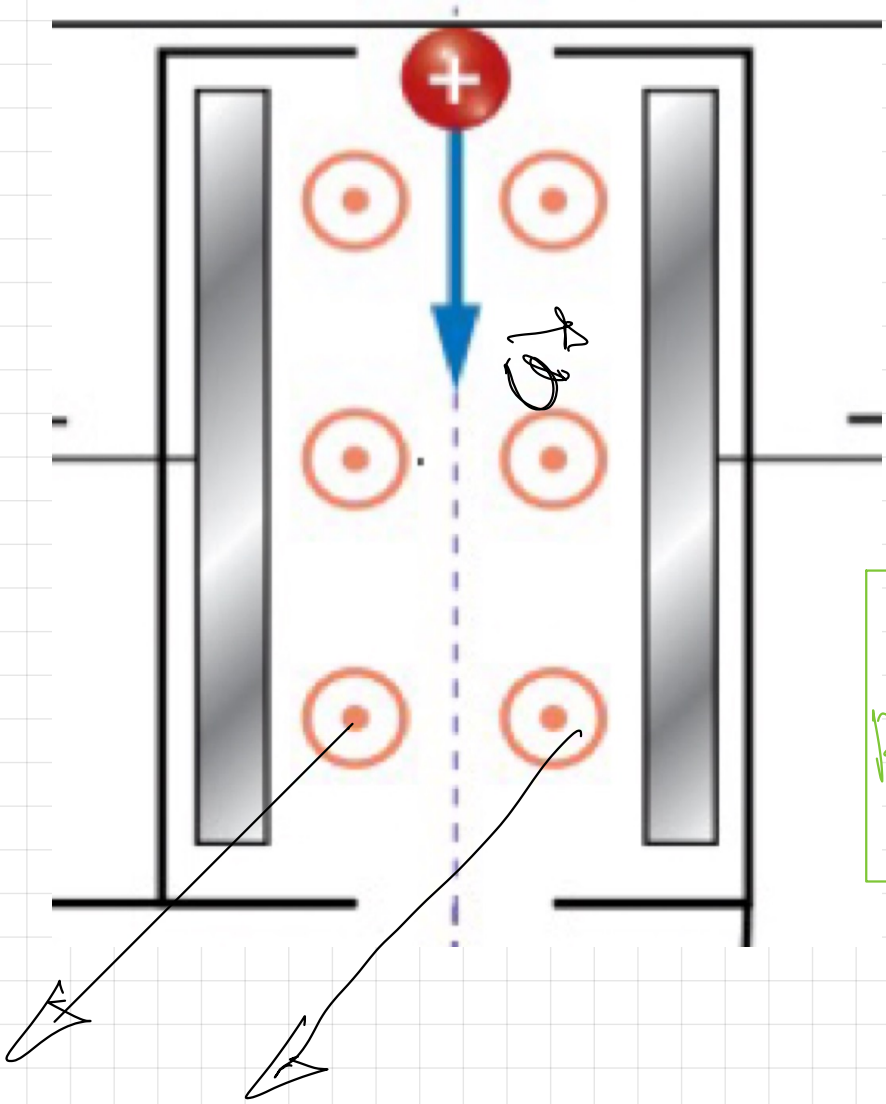


B^+
Bentante



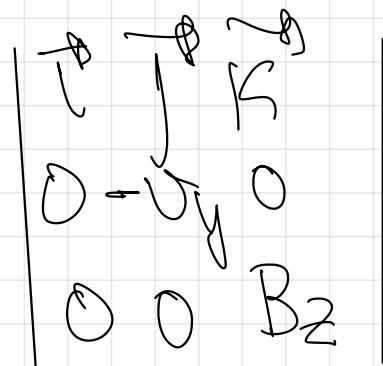
B^+
Bialitate.





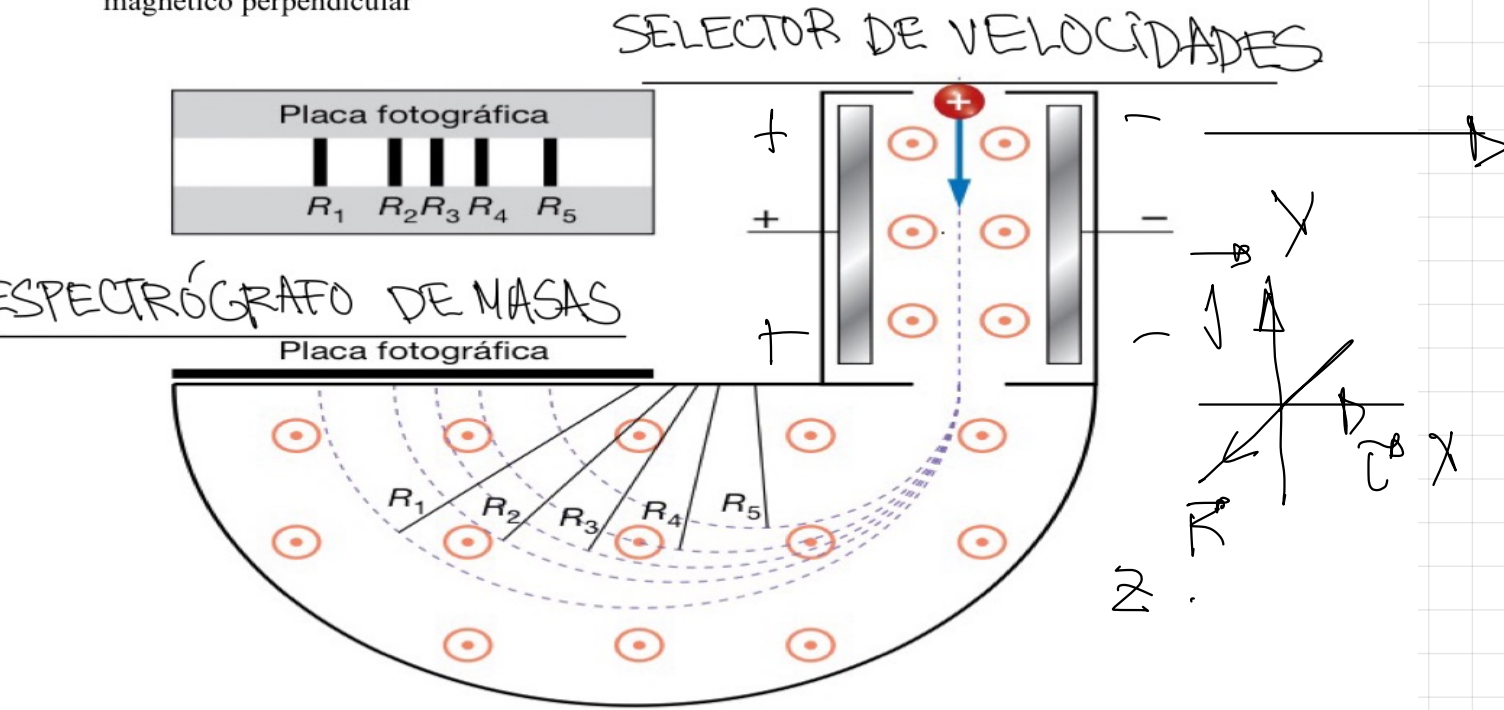
$F_m + al$
plena formado
por x y B

$$F_m = q \cdot (v \times B)$$



$$F_m = q \cdot (v \times B)$$

El **espectrógrafo de masas o espectrómetro de masas** es un dispositivo que permite determinar la masa de partículas con carga eléctrica conocida, haciéndolas curvar en un campo magnético perpendicular



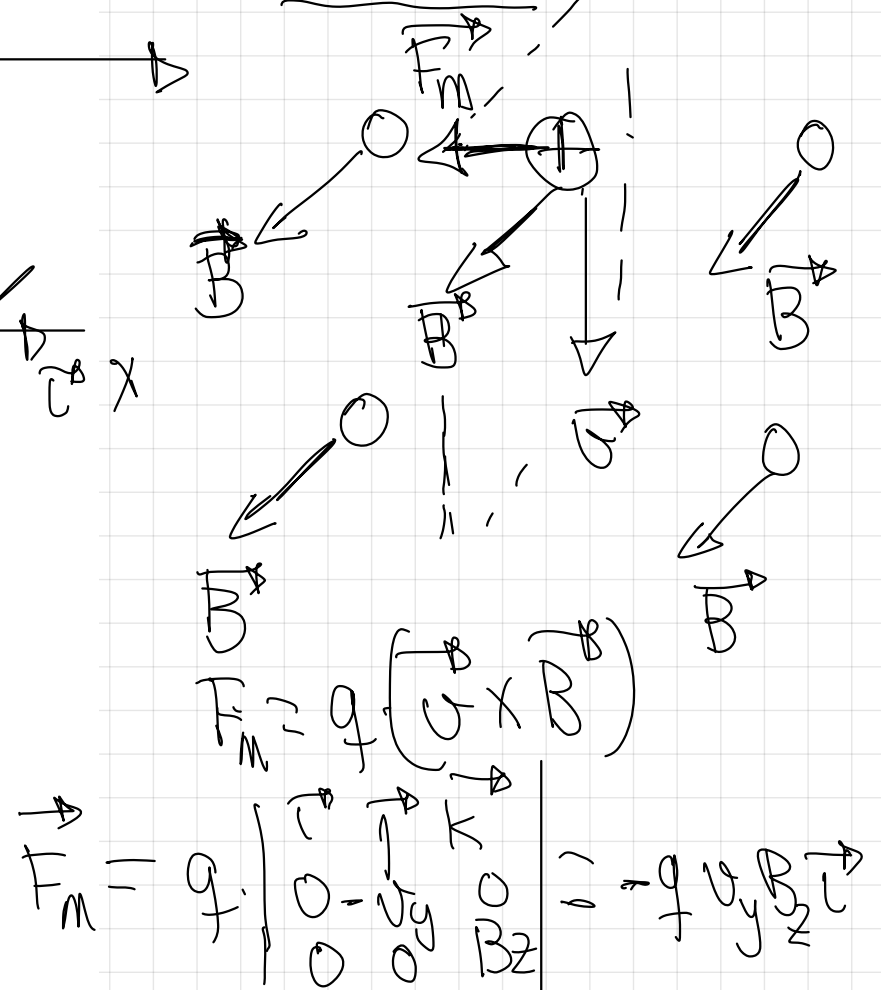
Este dispositivo se ha utilizado para encontrar los distintos isótopos de los elementos. Cada elemento se ioniza de manera estable con la misma carga, independientemente del tipo de isótopo. Por ejemplo, en una cámara de ionización producimos los iones Mg^{2+} y los aceleramos mediante un campo eléctrico para ser introducidos en el selector de velocidades que se ve a la entrada del dispositivo. Con esa velocidad común, como los diferentes isótopos del magnesio poseen distinta masa, al entrar en la zona en donde existe un campo magnético uniforme perpendicular, serán desviados con distinto radio de curvatura según la ecuación

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

Tras recorrer media circunferencia, al ser las trayectorias de distinto radio, incidirán separadamente en la placa fotográfica que los detecta, tal y como se ve en la figura, pudiendo despejar la masa a partir de los radios obtenidos.

De esta forma podremos, por ejemplo, determinar que el magnesio está compuesto por un 78,7% de ^{24}Mg , un 10,1% de ^{25}Mg y un 11,2% de ^{26}Mg

DETALLE



$F_m \downarrow$ al plano formado por v y B . Sentido regla de la mano izquierda. (comprobar)

SELECTOR DE VELOCIDADES

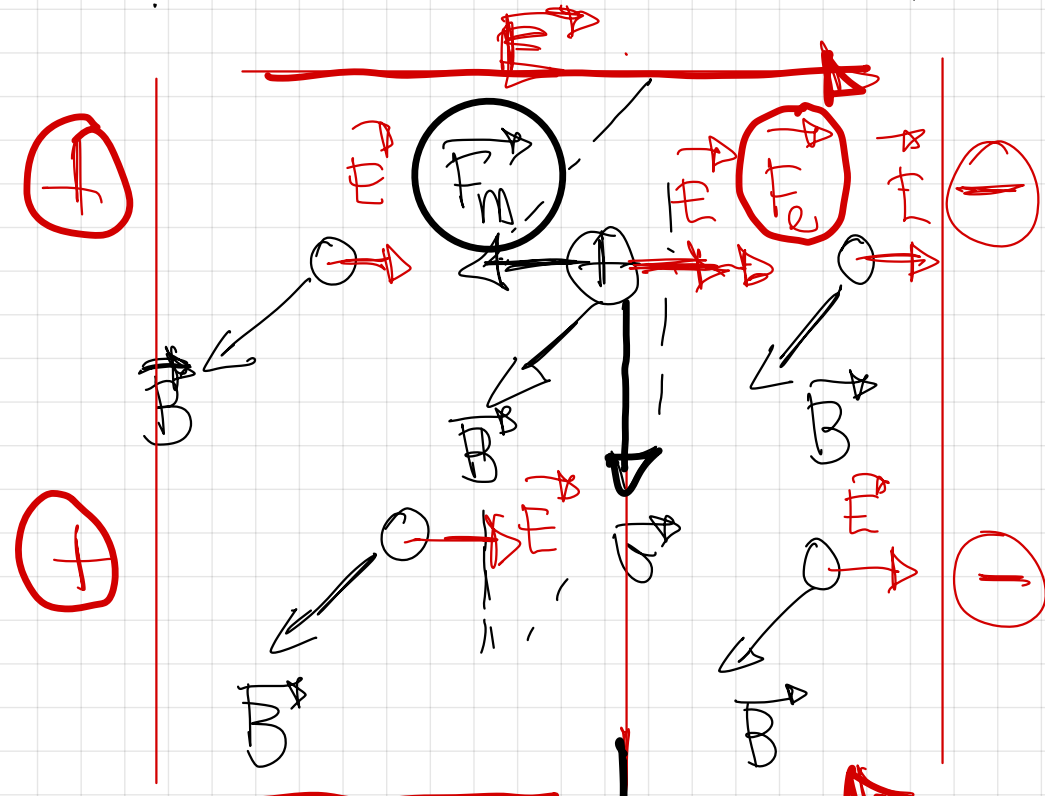
$$F_m = F_e$$

$$q \cdot v \cdot B \cdot \sin 90^\circ = q E$$

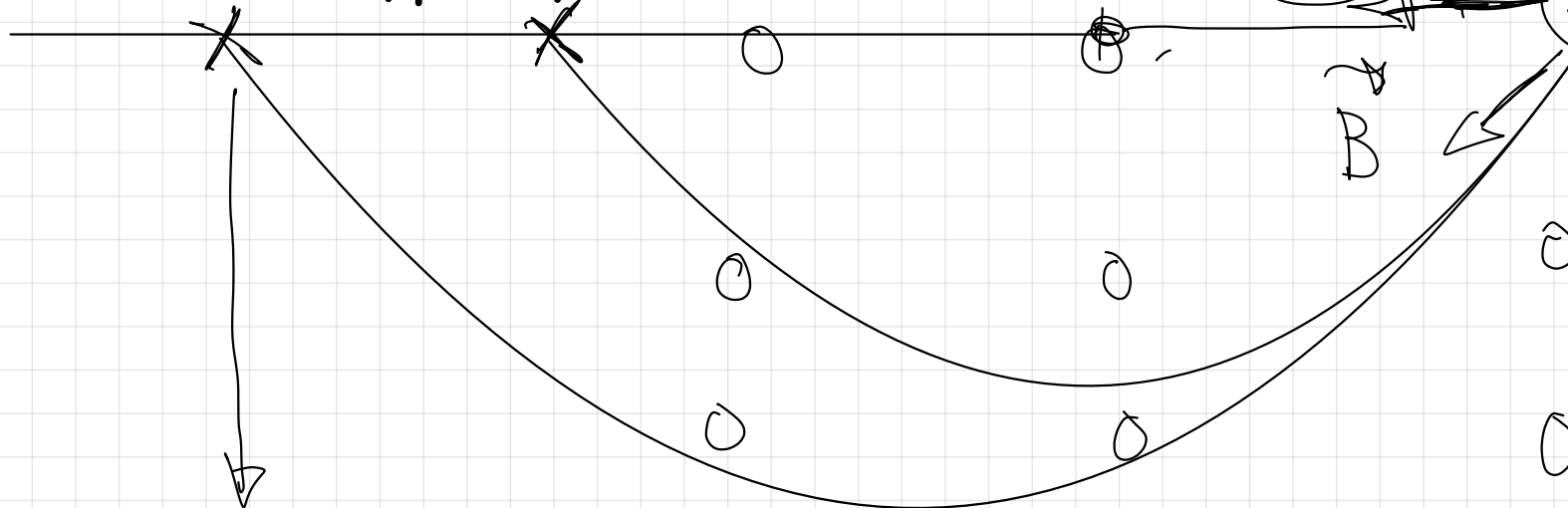
$$v = \frac{E}{B}$$



Penetran con la misma velocidad y aqui deja de actuar el campo eléctrico.



ESPECTRÓGRAFO DE MASAS.



SOLO ACTÚA EL CAMPO MAGNÉTICO

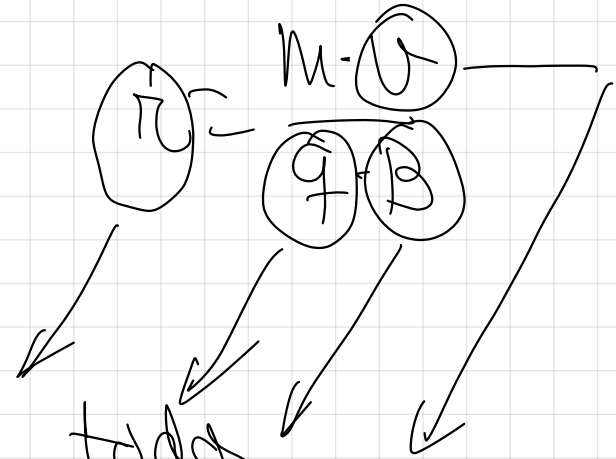


Podemos saber el radio de la trayectoria de la semicircunferencia descrita en el espectrógrafo de masas

$$F_m = F_n$$

$$q \cdot v \cdot B \text{ sea } q \cdot v = m \cdot a_n$$

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



Sabiéndolos todos
podría hallar la
masa de la partícula
cargada que se introduce.