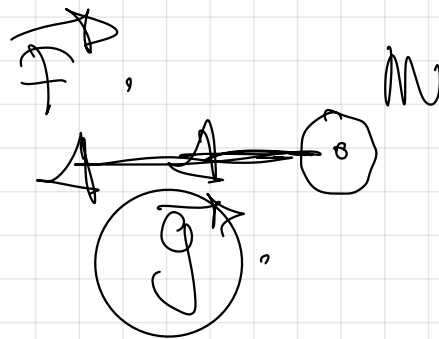
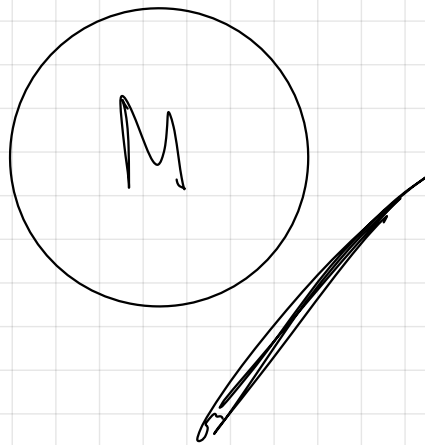
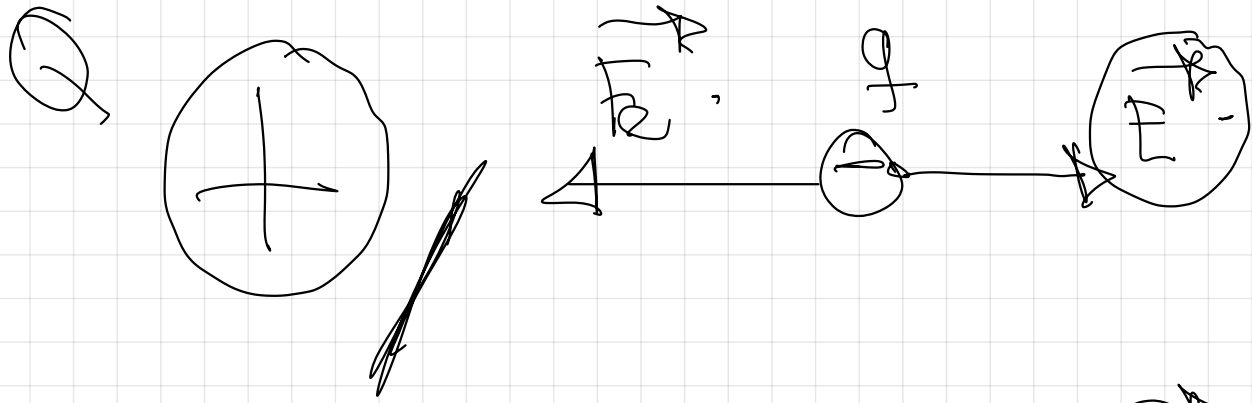


# ELECTROMAGNETISMO.

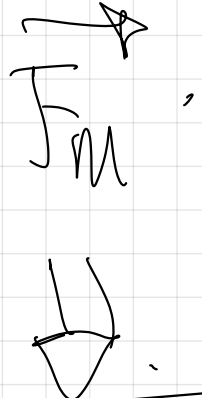
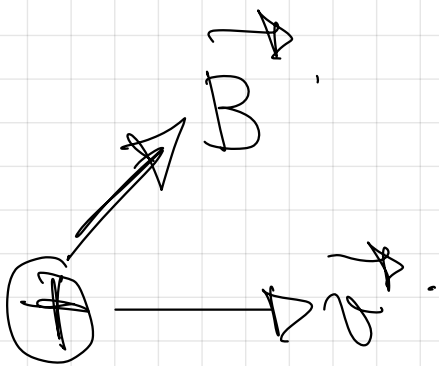
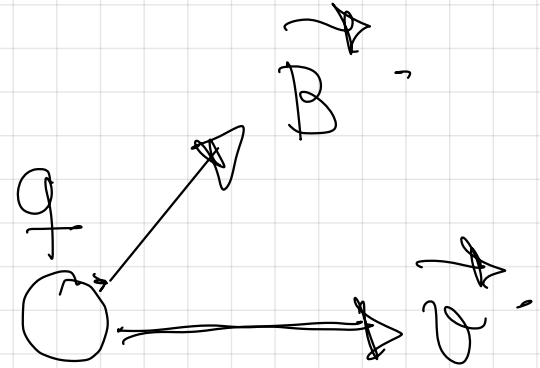
## 2.- FUERZA EJERCIDA POR UN CAMPO MAGNÉTICO SOBRE UNA CARGA MÓVIL. LEY DE LORENTZ

pag 72 del libro



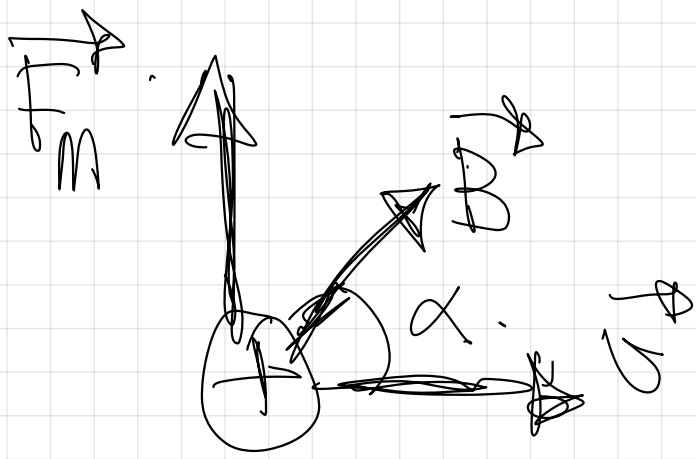


IMÁN



ley de Lorentz

F



$$\vec{F}_M = I \cdot \left( \vec{a} \times \vec{B} \right)$$

- Módulo.

$$F_M = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha$$

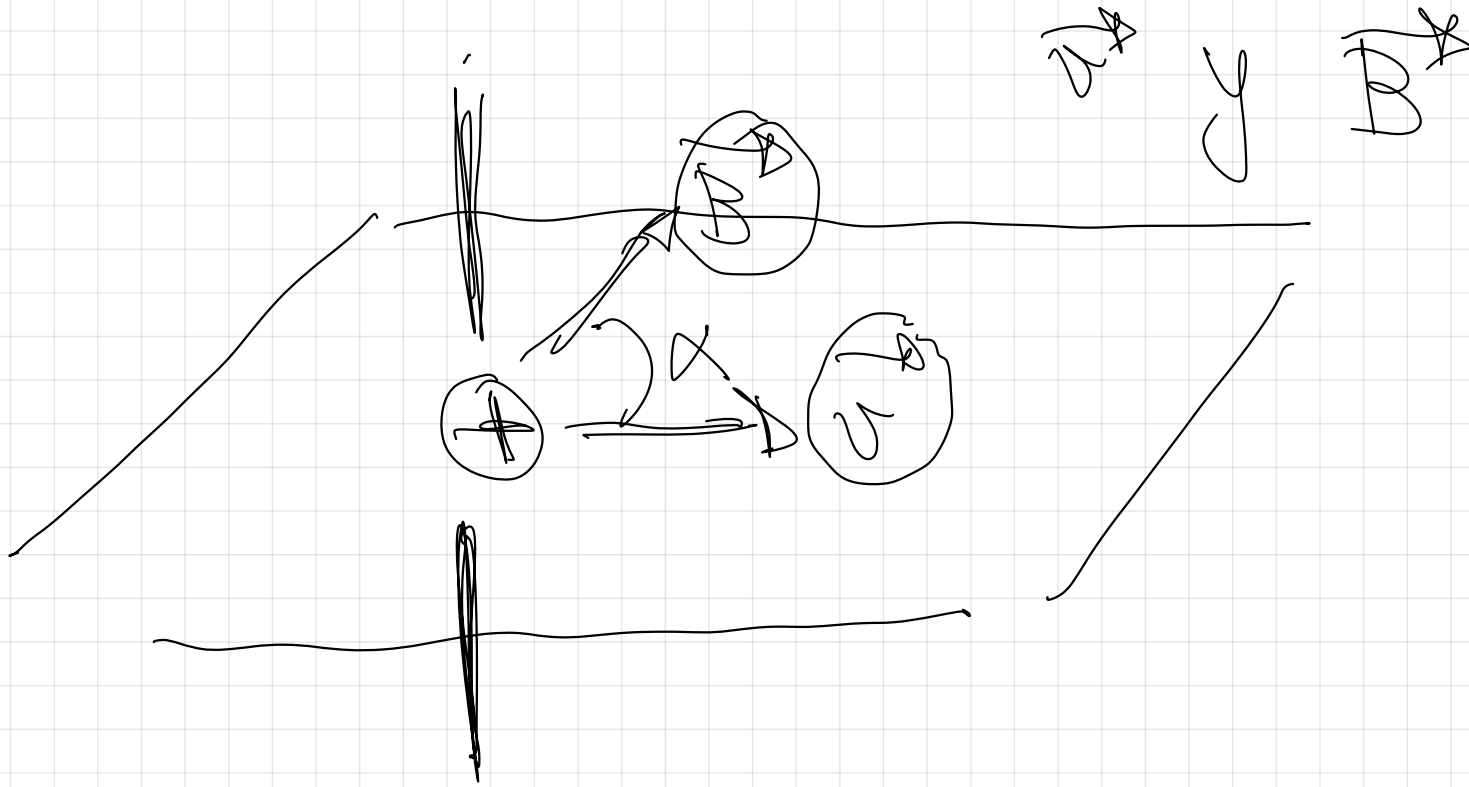
$$F_M \Rightarrow N \text{ (SI)}$$

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

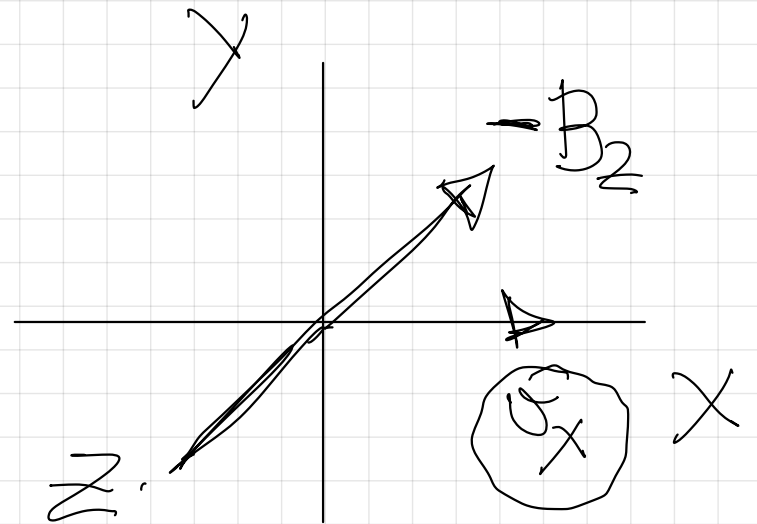
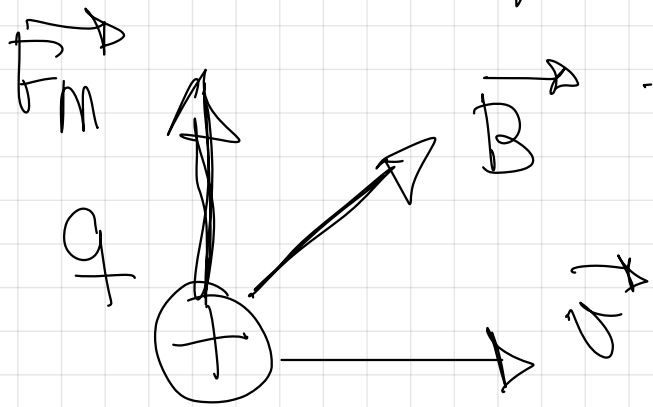
$$I \Rightarrow C \text{ (SI)}$$

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

- Dirección  $\Rightarrow$   $\perp$  al plano formado por



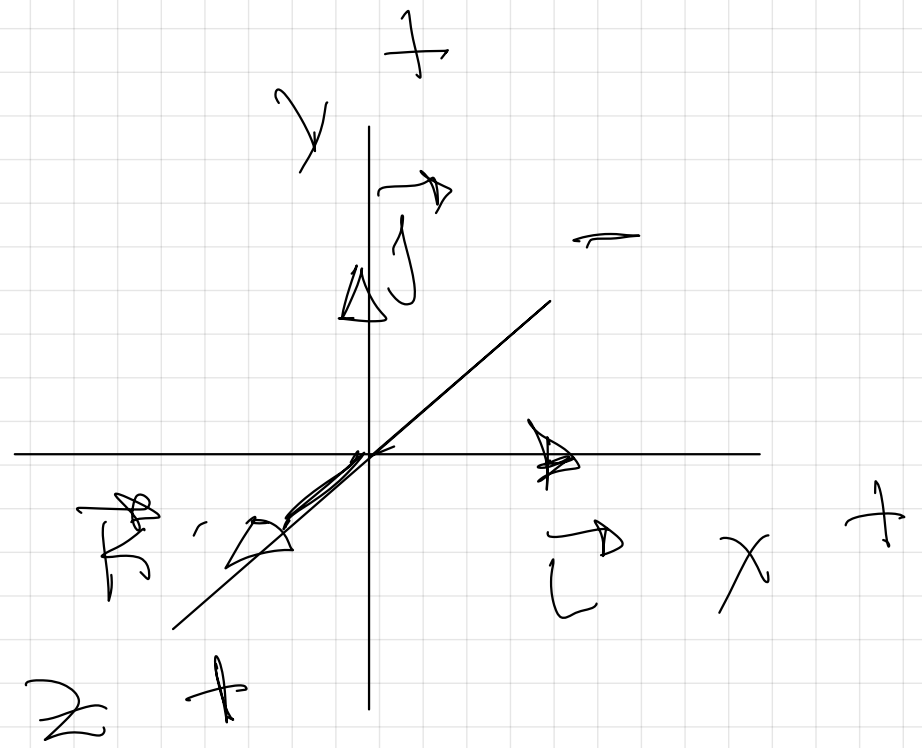
1 Sentido. (regla de la mano izquierda)



ley de Lorentz.

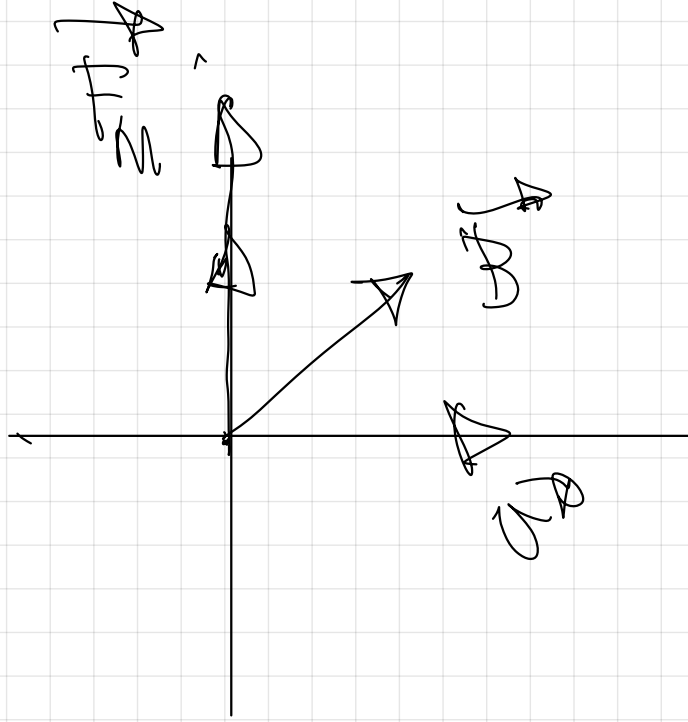
$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ ct' \end{pmatrix} = \gamma \begin{pmatrix} x - \beta y \\ y + \beta x \\ z \\ ct \end{pmatrix}$$

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

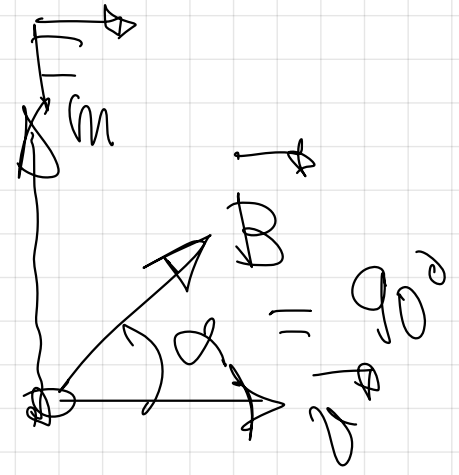
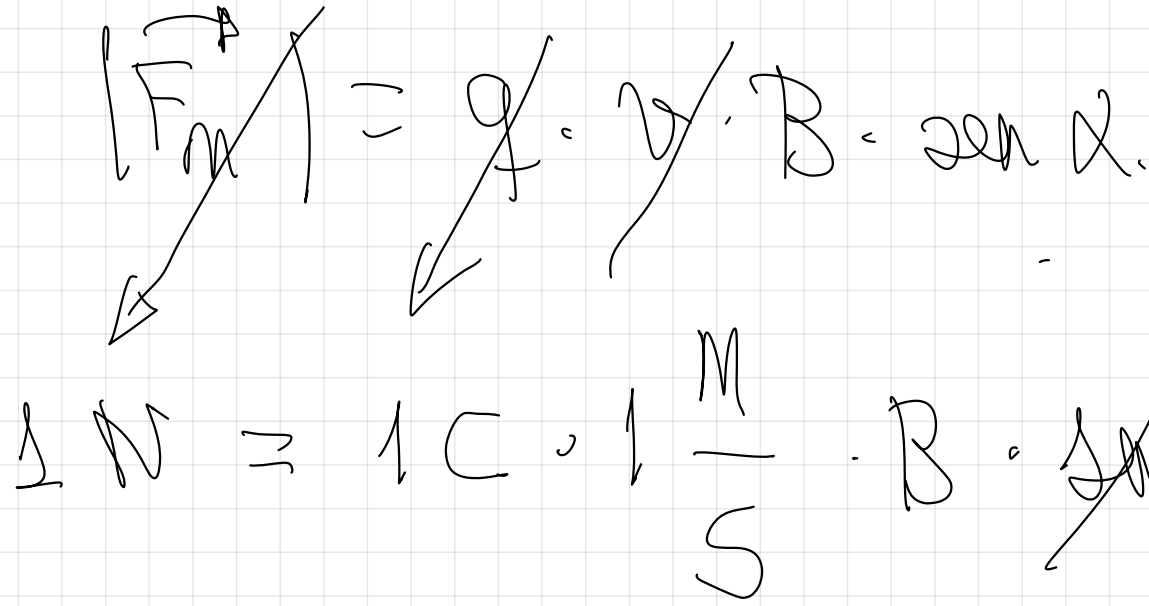


$$\begin{aligned}
 &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot (-B_2) + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot (-B_2) \\
 &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix}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

$$\begin{bmatrix} \text{[scribbled out]} \\ \text{[scribbled out]} \\ \text{[scribbled out]} \\ \text{[scribbled out]} \end{bmatrix}$$

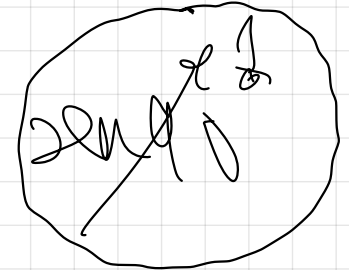
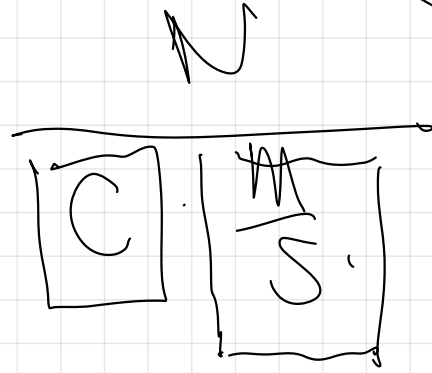
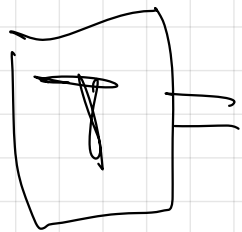


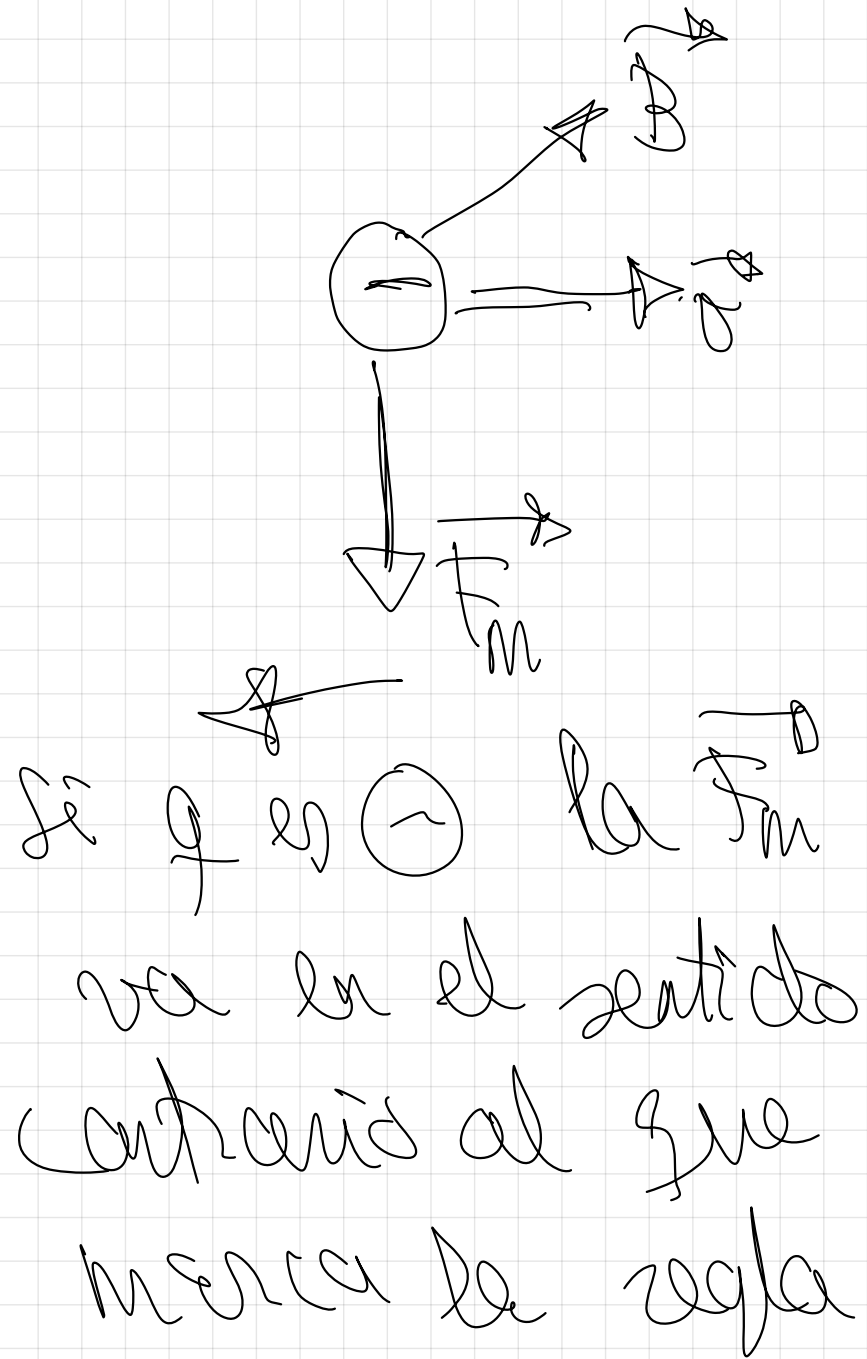
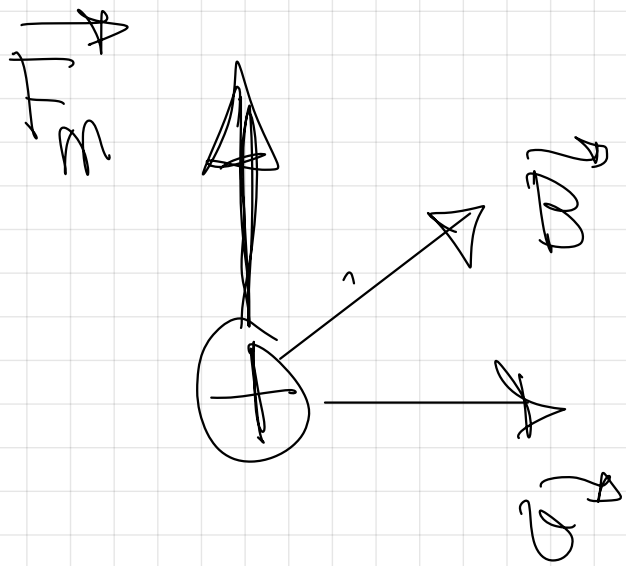
$$\vec{z} = \vec{y} \times \vec{x}$$



$\vec{A} \Rightarrow \vec{C} \cdot \frac{M}{S} \cdot B = \sin \alpha$

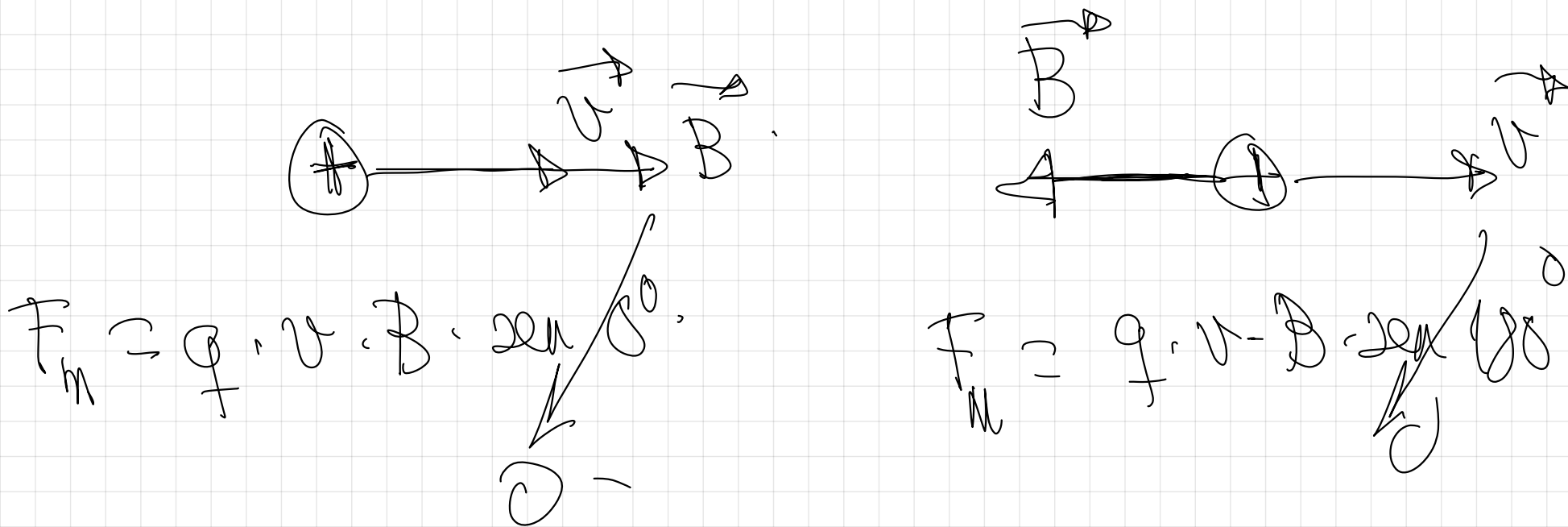
$B = \frac{F_M}{q \cdot v \cdot \sin \alpha} = \frac{N}{C \cdot \frac{M}{S} \cdot \sin \alpha}$



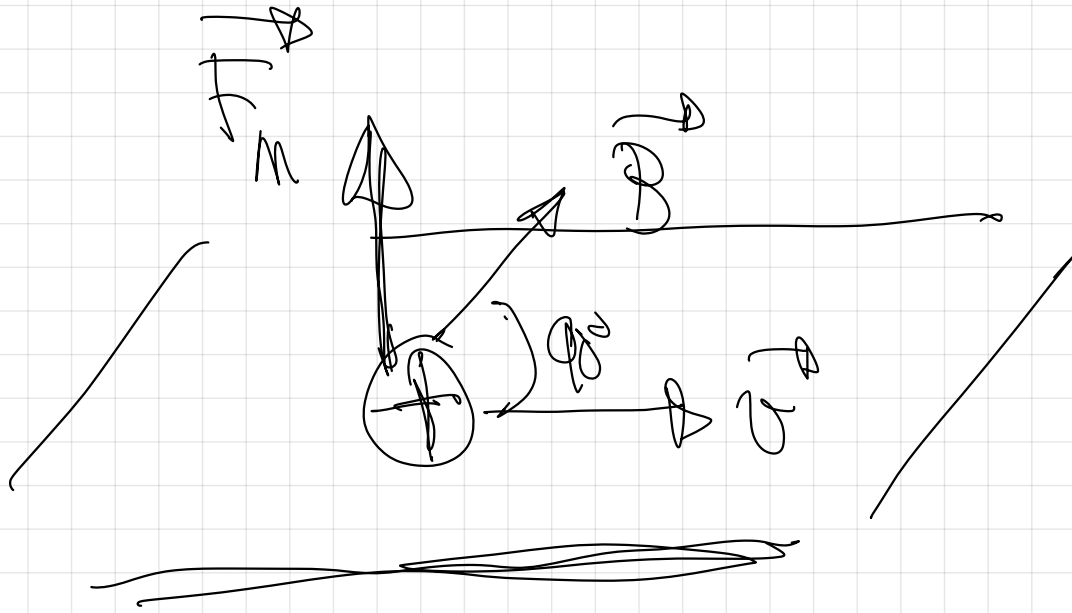


de la mano izquierda,

# Campo magnético y trayectoria.



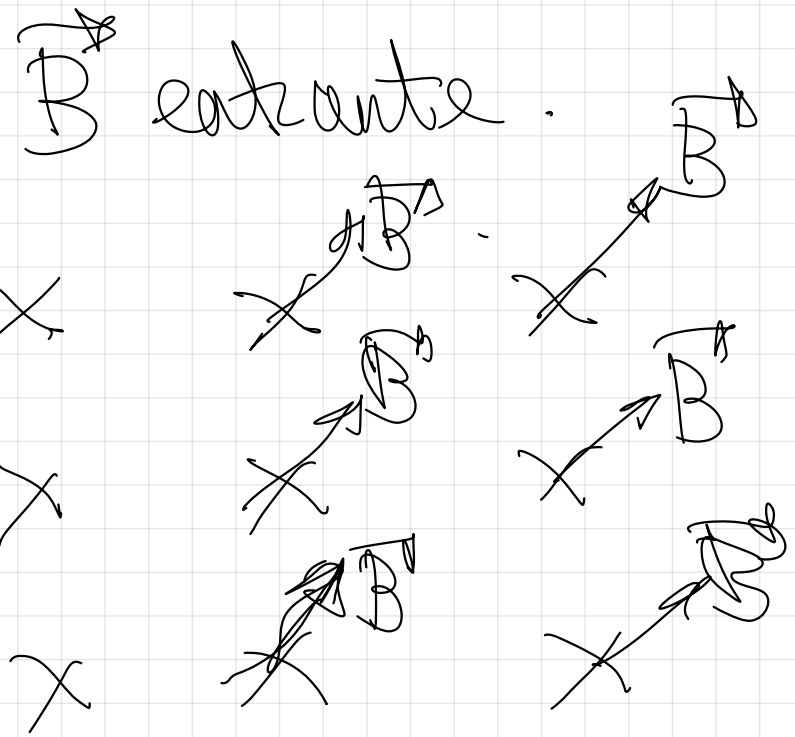
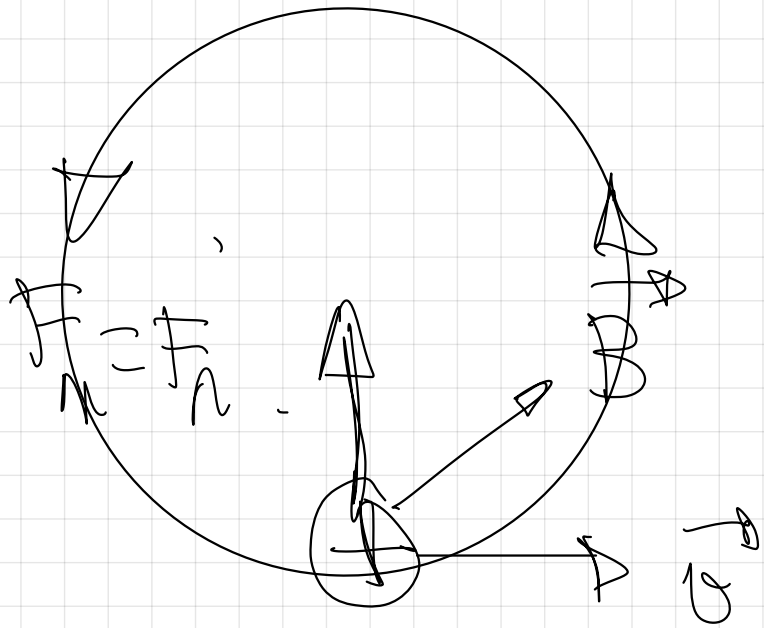
$$\alpha = 90^\circ$$



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

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

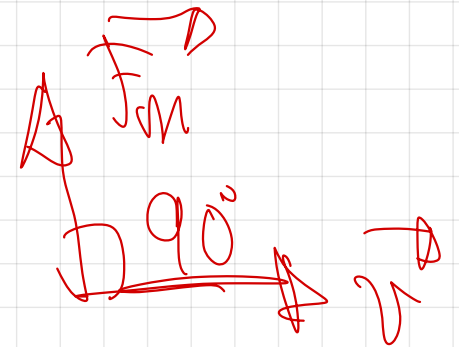
$\vec{F}_m$  siempre es  $\perp$   
a la velocidad



No fire / satido  
 halbur de  $F_p$  magnetic  
 ni de potential magnetic

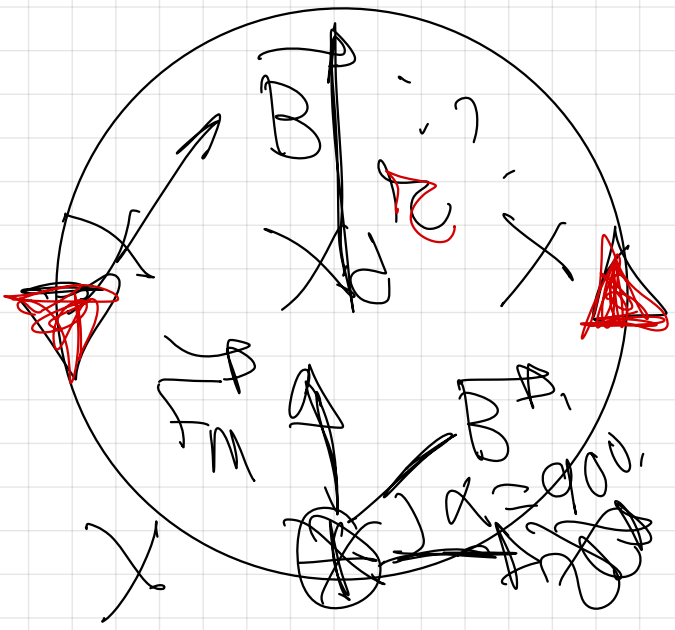
$$W_{F_m} = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ$$

Weg of  
 - current



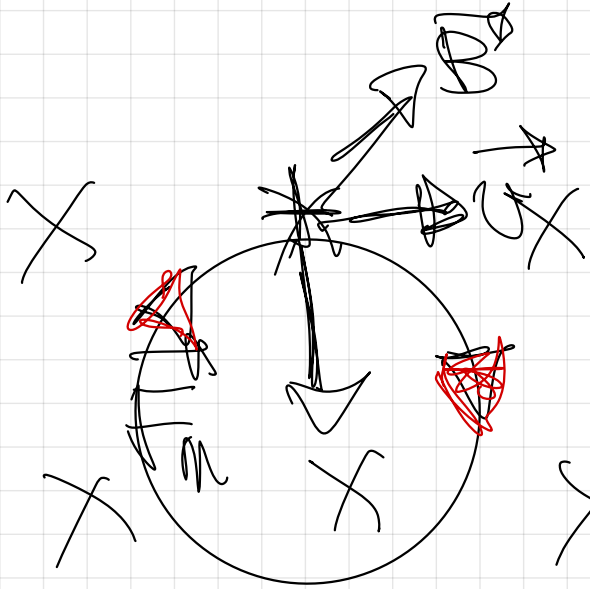
$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{s}$$

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



X

X



X

X

X

X

X

X

X

X

X

$$F_n = F_n$$

$$F \cdot G \cdot B \cdot \text{sea} \cdot \text{sea} \cdot \text{sea} = m \cdot a_n$$

$$F \cdot G \cdot B = m \cdot \frac{a_n}{2}$$

$$a_n = \frac{m \cdot G}{F \cdot B}$$

$$m_f > m_e \rightarrow \boxed{a_f > a_e}$$

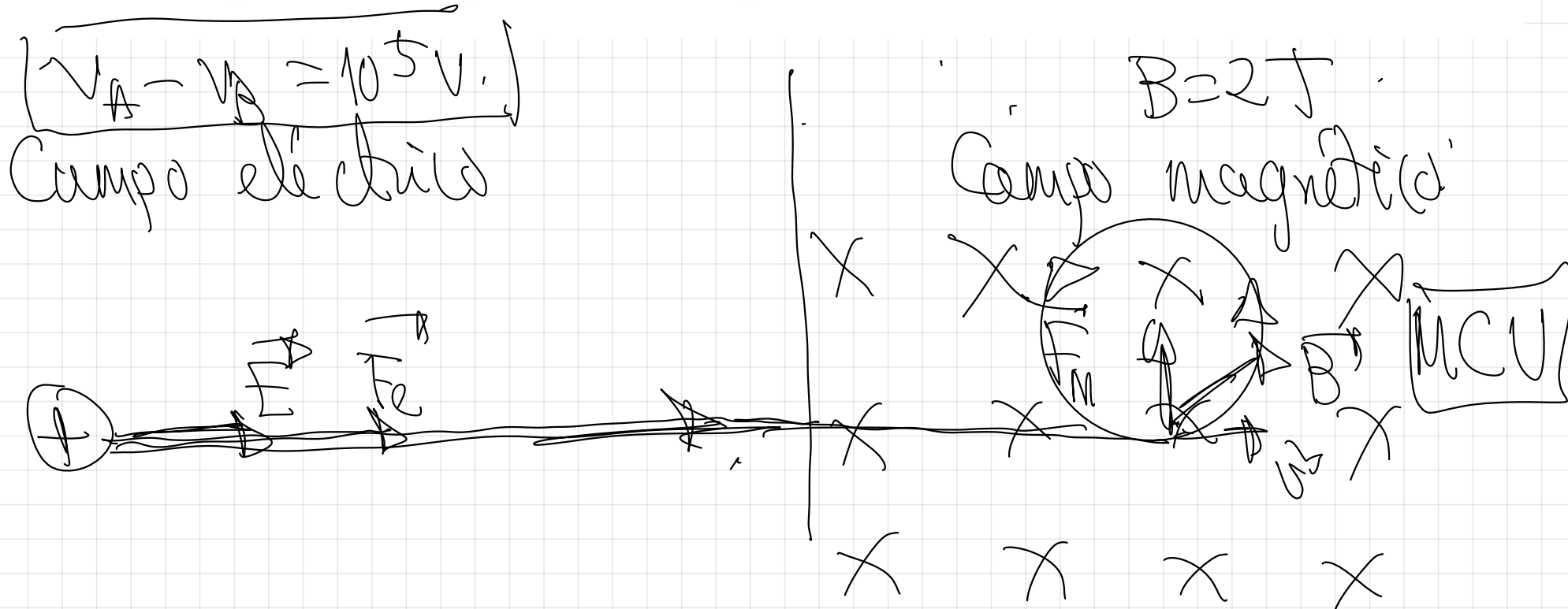
1.- Un protón, acelerado por una diferencia de potencial de  $10^5 \text{V}$ , penetra en una región en la que existe un campo magnético uniforme de  $2\text{T}$ , perpendicular a su velocidad y de sentido entrante en el papel.

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  $F_n$  ~~de~~  
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

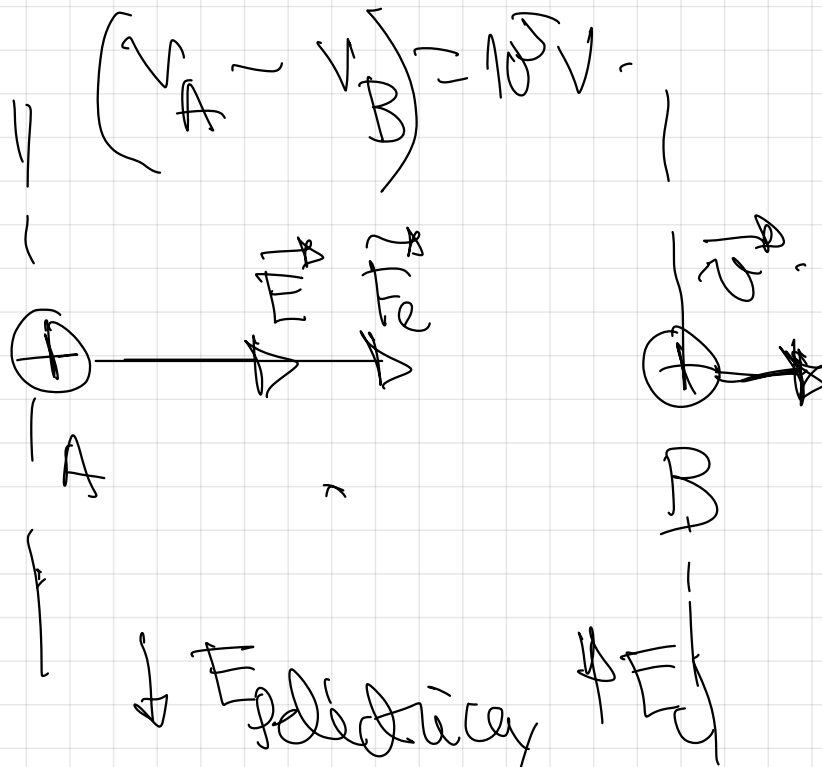
2.- Un protón, tras ser acelerado mediante una diferencia de potencial de  $10^5$  V, entra en una región en la que existe un campo magnético de dirección perpendicular a su velocidad, describiendo una trayectoria circular de 30 cm de radio.

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?

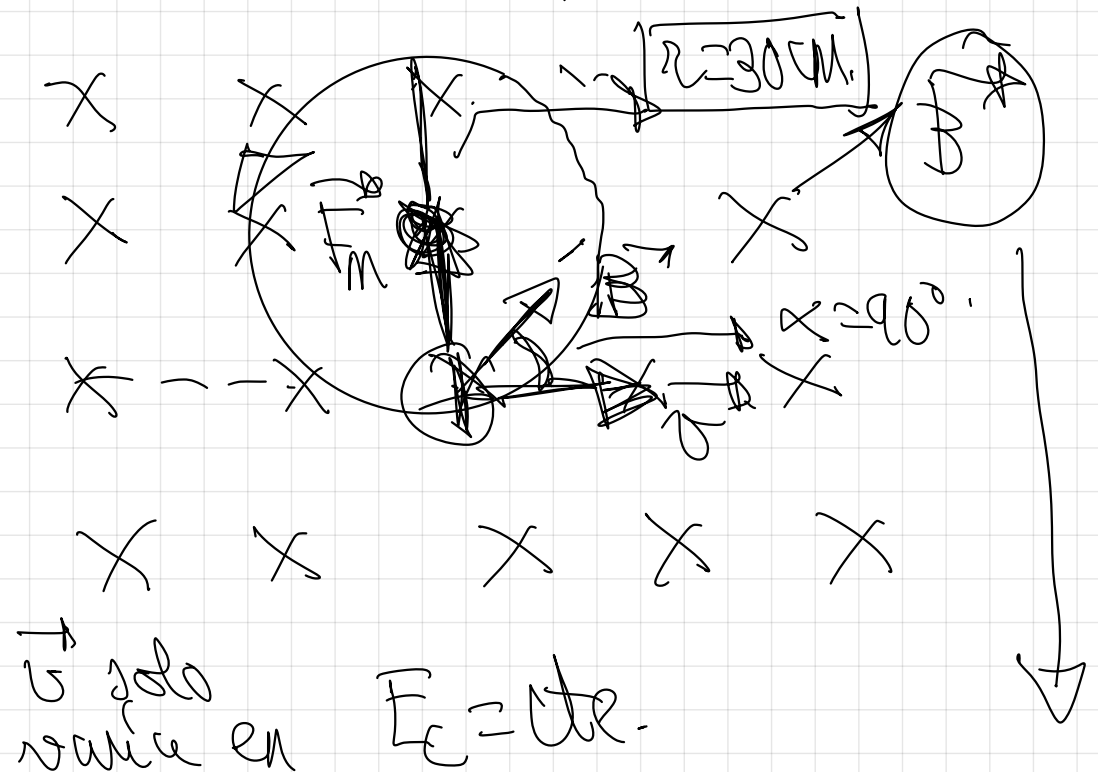
$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ ,  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$

CAMPO ELÉCTRICO.

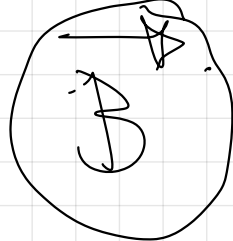


Pag 95.

CAMPO MAGNÉTICO.



detecida,  
no en módulo ↓



$$F_m = F_n$$

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

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

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

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

↓

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

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

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

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

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

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

Como varia  $r$ ?

B se duplica.

Obtengo la expresión de  $r$ .

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

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

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

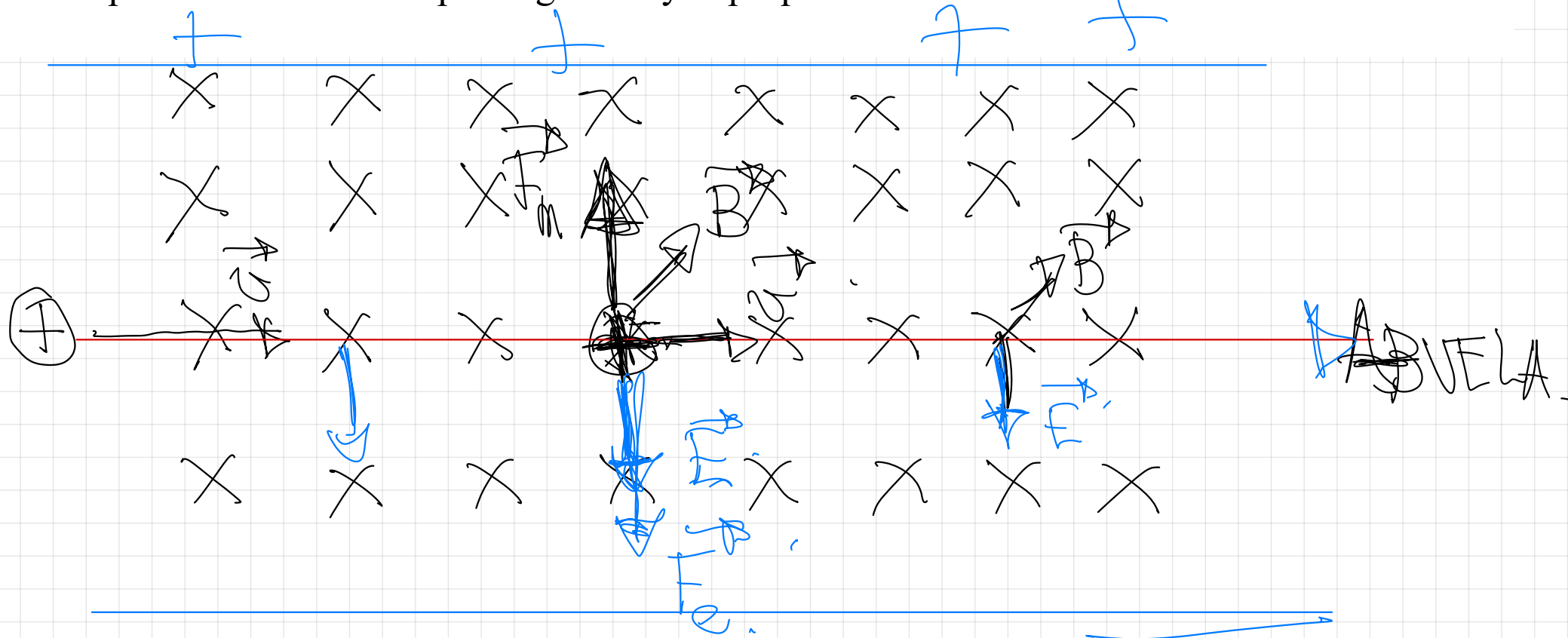
$$r^k = \frac{m \cdot v}{q \cdot 2B}$$

$$r^k = \frac{1}{2} r$$

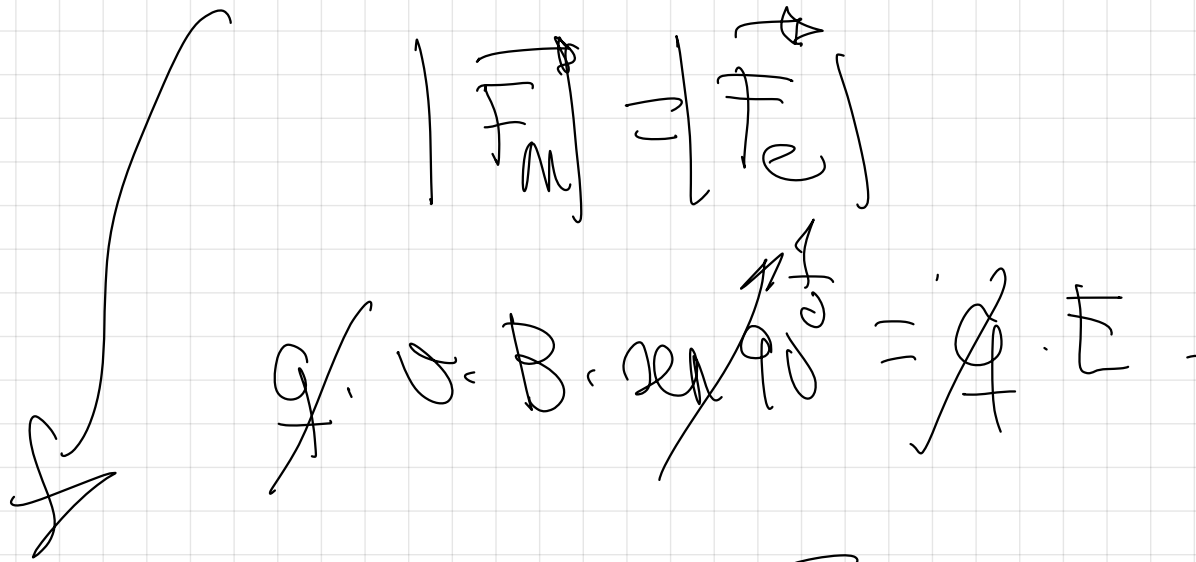
El radio  $r$  reduce a la mitad.

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

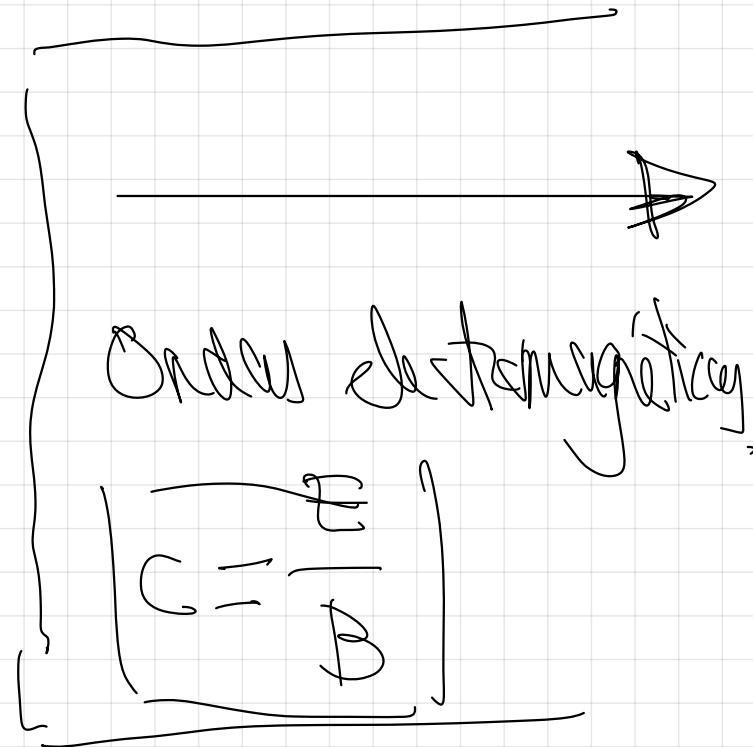
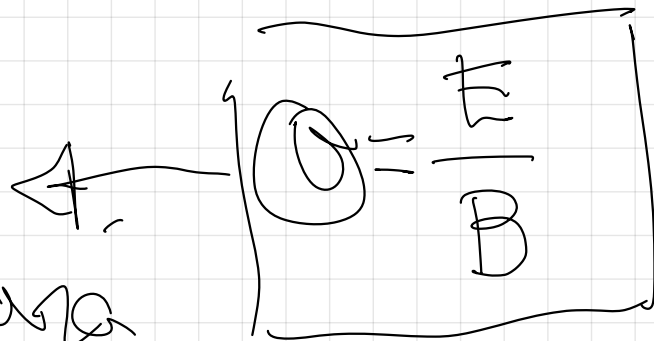


Para que no se desvíe:

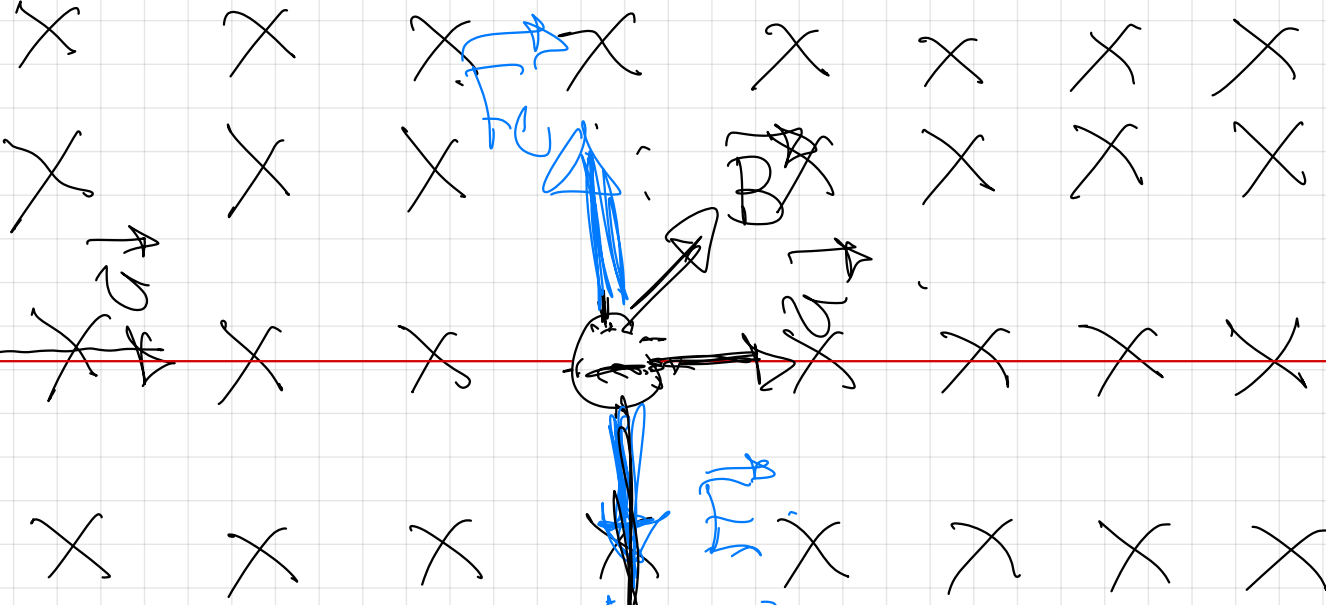


$$v \cdot B = \frac{mg}{q}$$

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



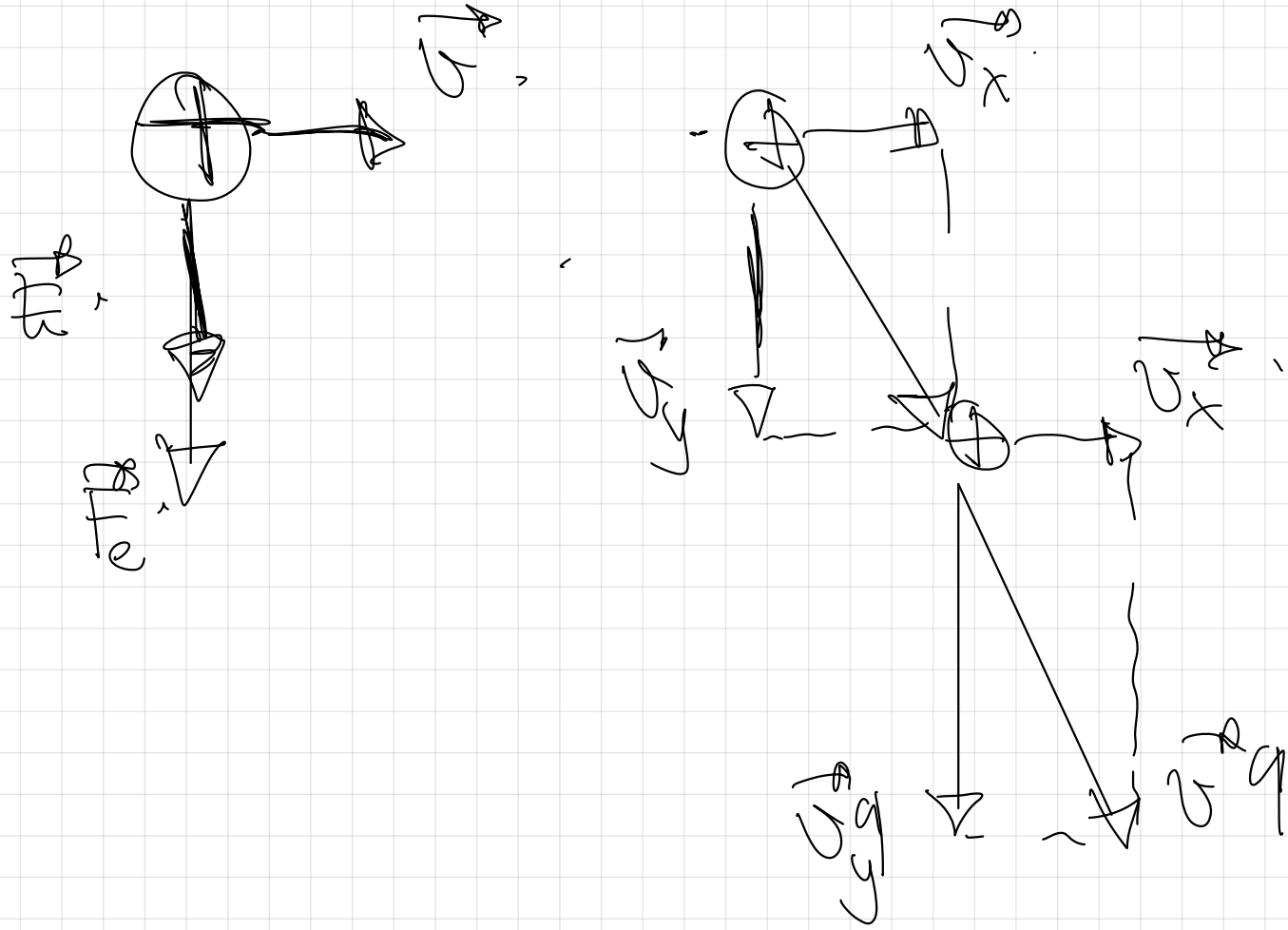
1

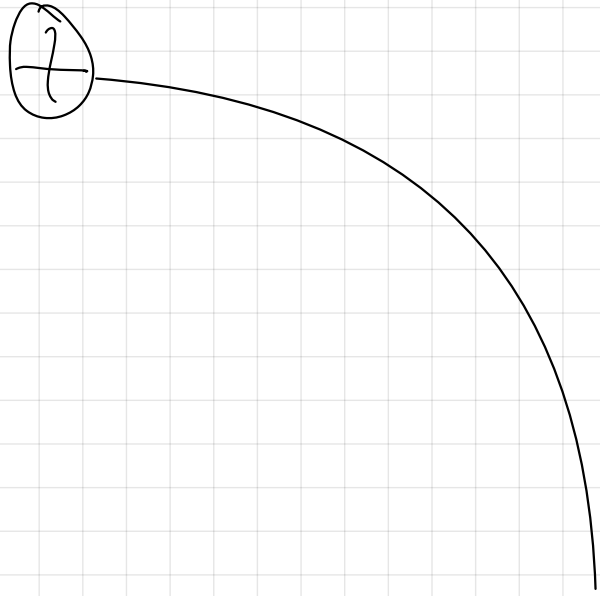


ABUELA

$\vec{a}_1$   
 $\vec{a}_2$   
 $\vec{a}_3$

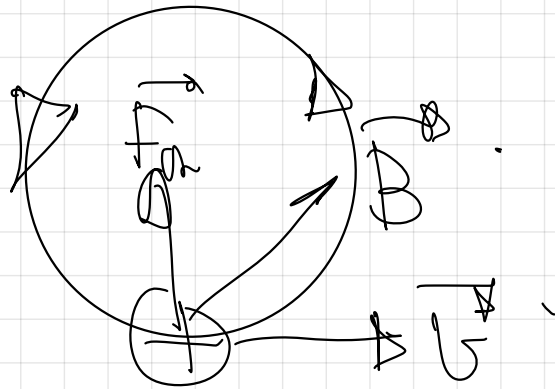
Si solo existe el eléctrico.





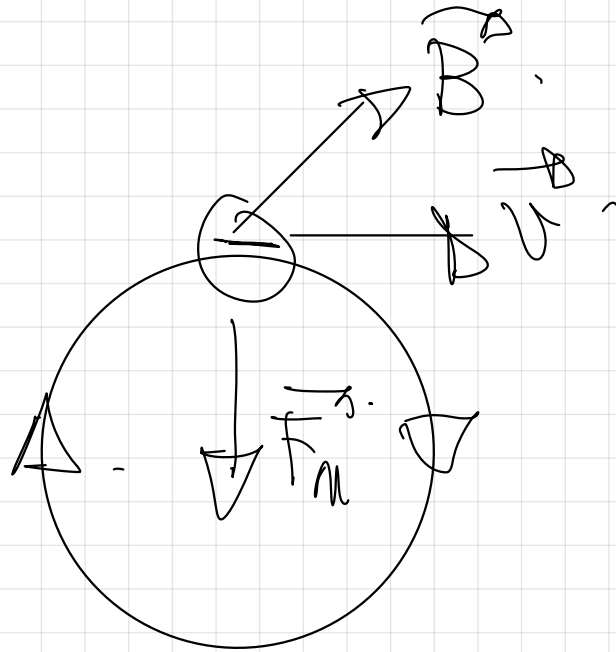
Si solo actúa el  
eléctrico  $\vec{q}$   $\vec{v}$ .

Si solo actúa el magnético

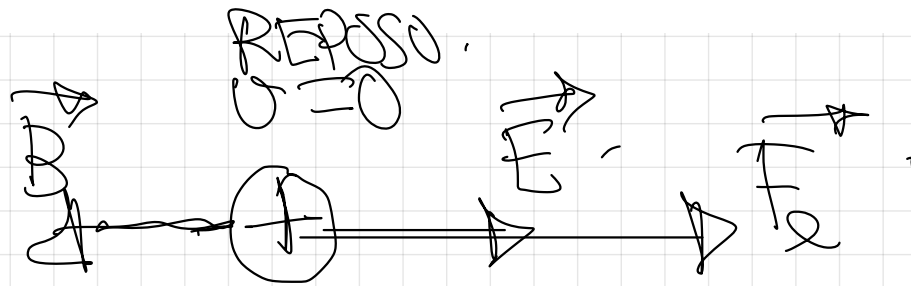


MUV.

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.



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

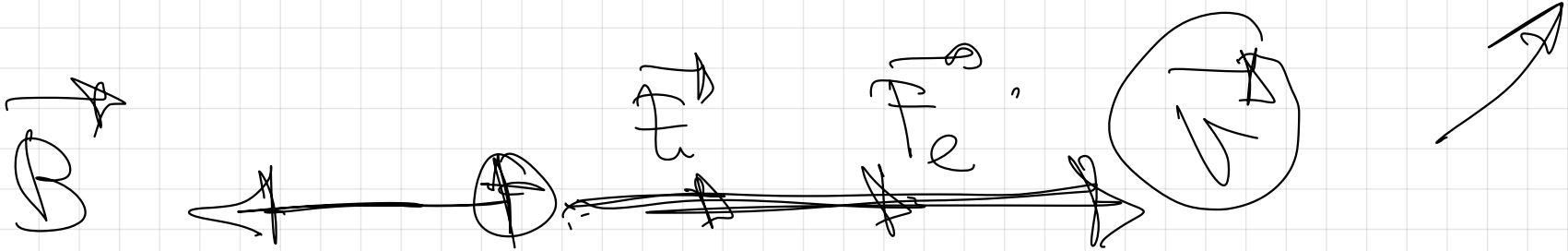
$$F = q \cdot E$$

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

$$F_m = 0,$$

Movimiento  
acelerado.

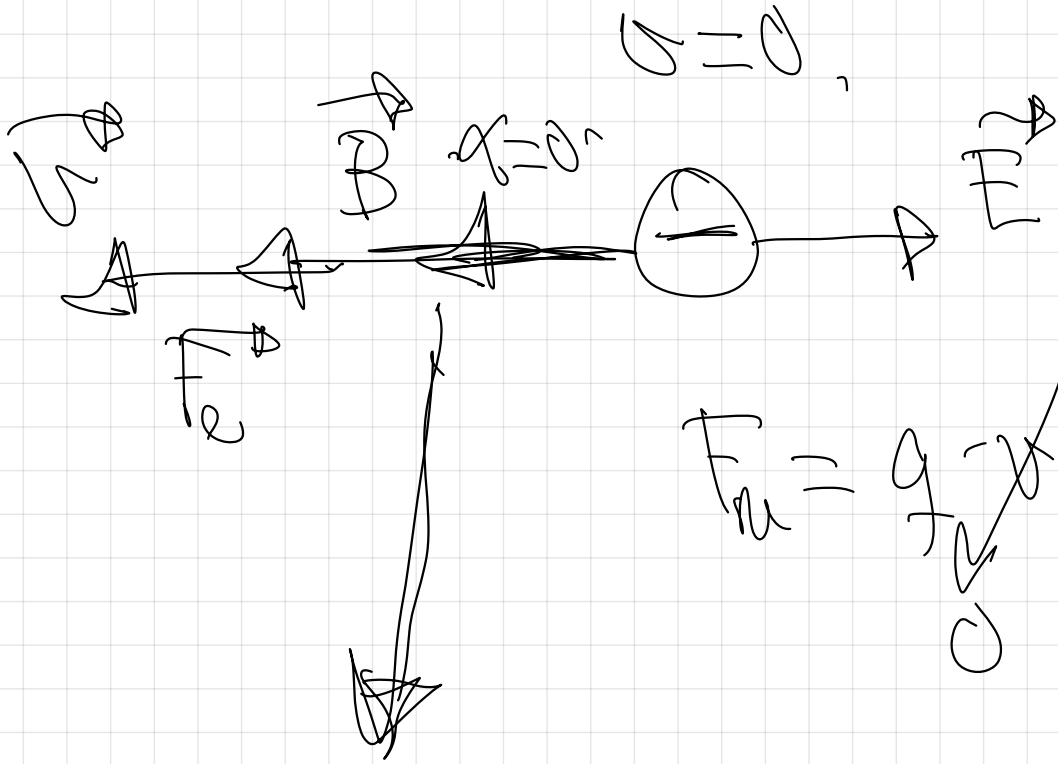
$F_e = m \cdot a$   
Se  $\vec{v}$  uniforme  
o  $\vec{a}$  uniforme,  
MRUA.



$$\vec{F}_m = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} = 0,$$

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

misma dirección.



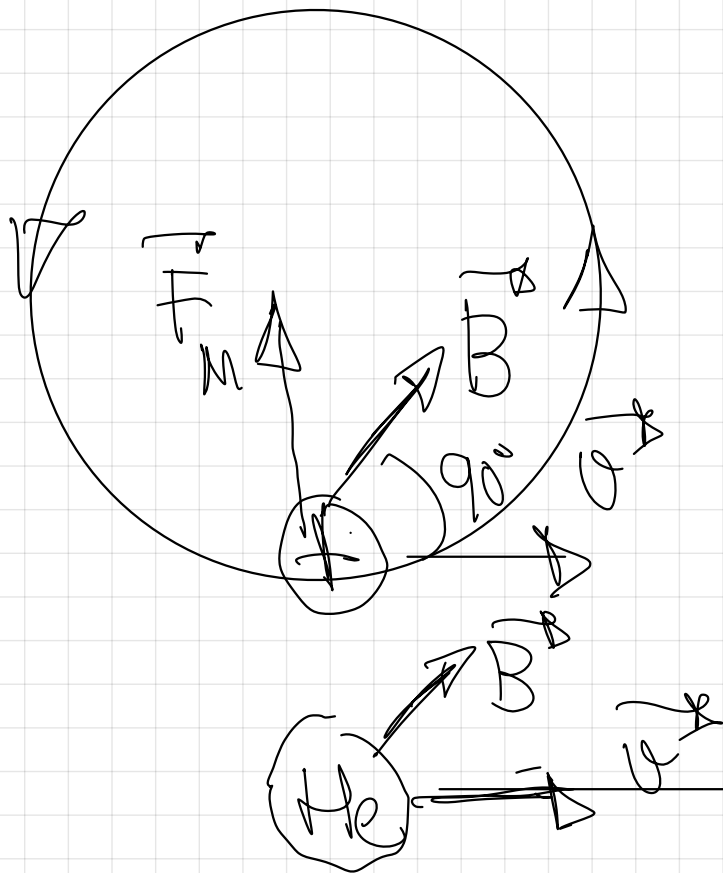
$$F_u = g - B - \sigma = 0$$

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

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?

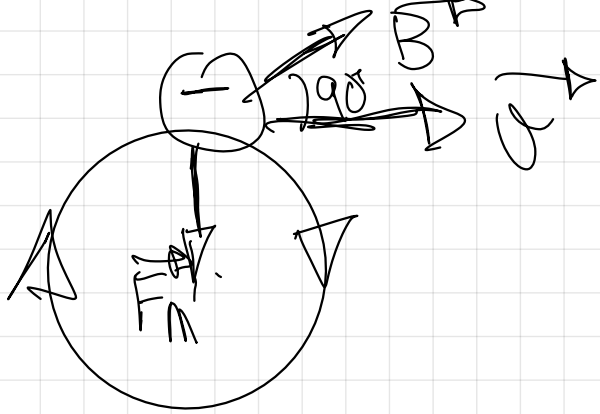


$$q_p = |q_e| = e$$

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

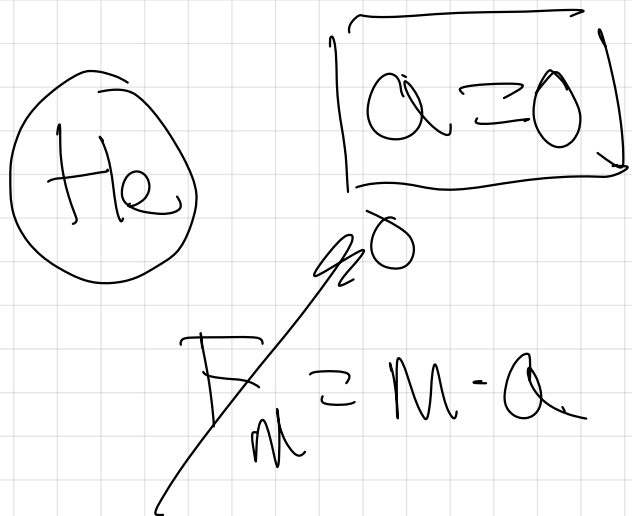
$$F_{mp} = q \cdot v \cdot B$$

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



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

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



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

$$\parallel m_p > m_e$$

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

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

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

$$r_e < r_p$$

¿ Cond varía en  $E_c$  ?

$E_{cp}$  no varía ya que  $E_c = \frac{1}{2} m v_p^2$   
y  $r_e$   $r_m$  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,

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

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

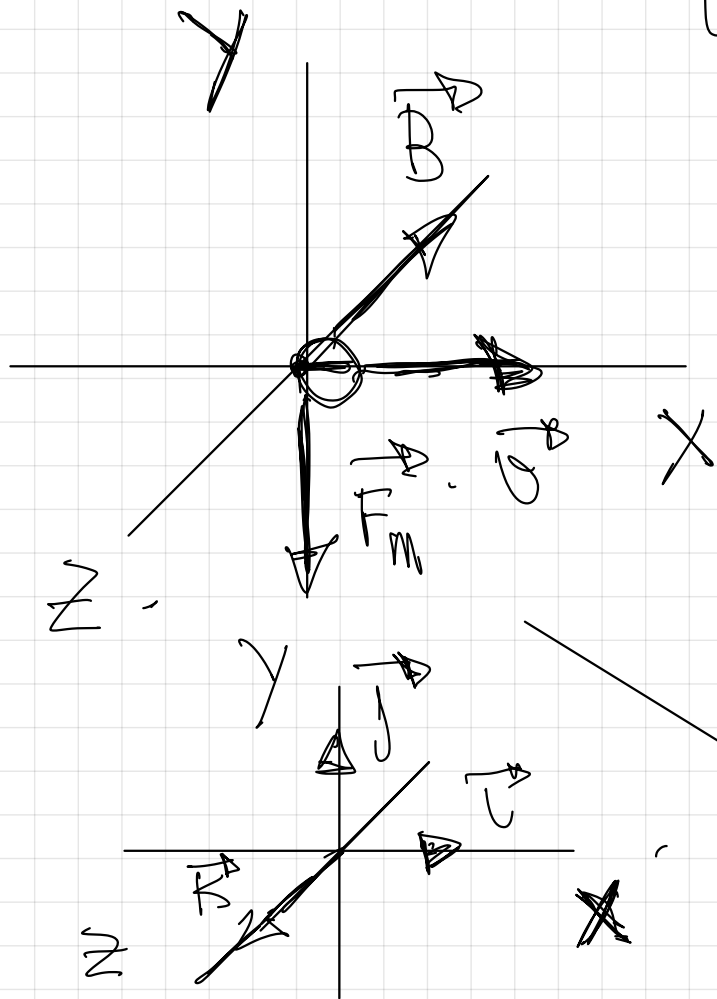
Aunque la  $E_c$  no varía,  
el átomo de He es el  
que tiene mayor masa  
y por ello mayor  $E_c$

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

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  $\beta$  que se mueve en el sentido positivo del eje X;
- una partícula  $\alpha$  que se mueve en el sentido positivo del eje Z;

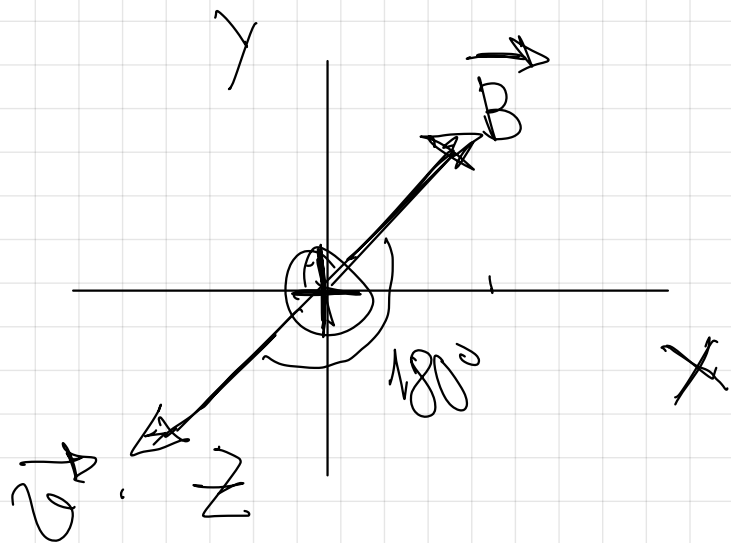


la partícula  $\beta$  es un electrón de origen nuclear,  $\odot$ , su masa es la del electrón

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

↓  
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



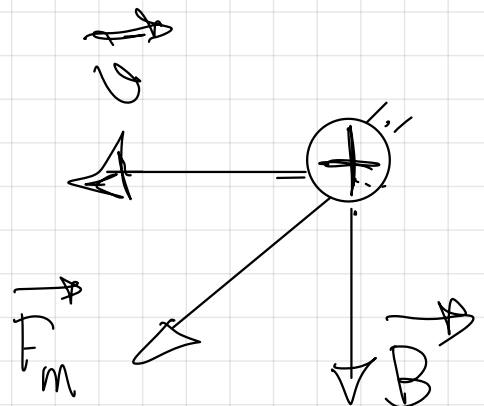
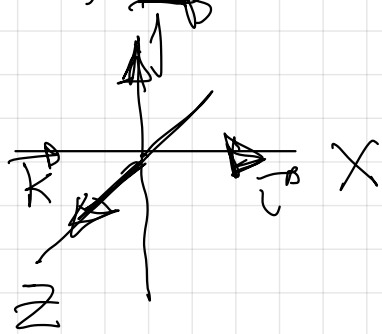
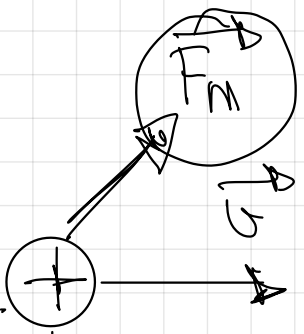
$$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

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

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  $\alpha$  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

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

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

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

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

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

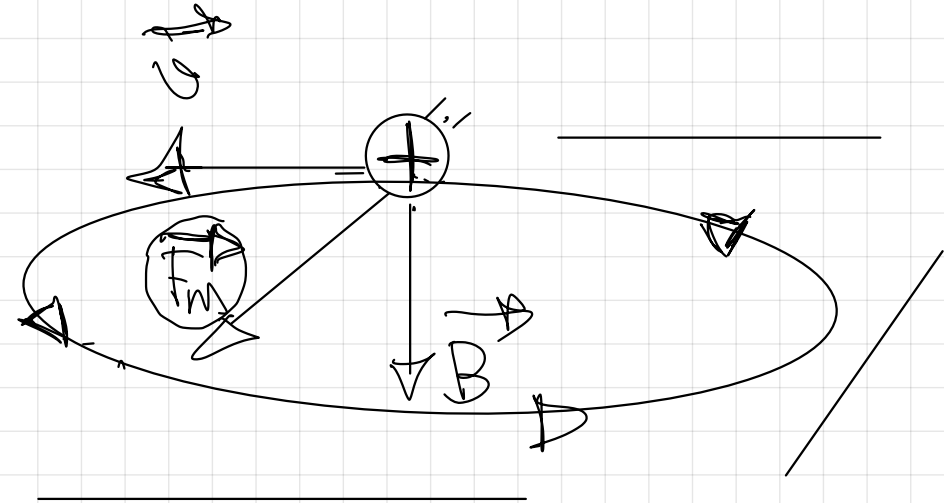
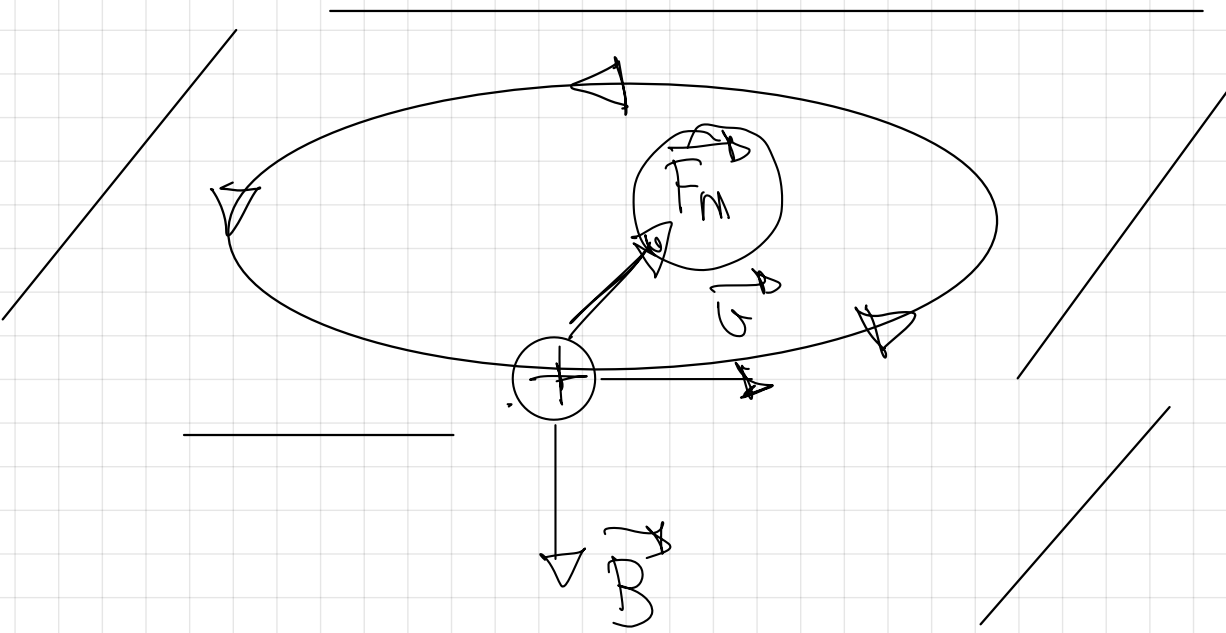
Ley de Lorentz

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

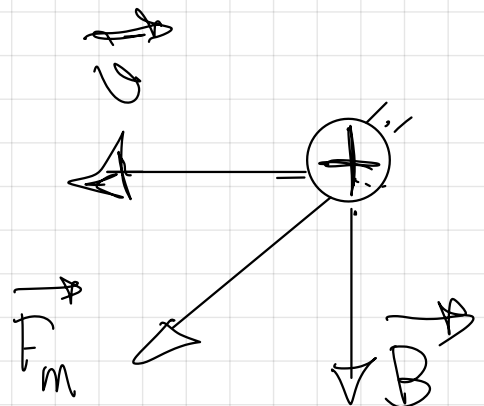
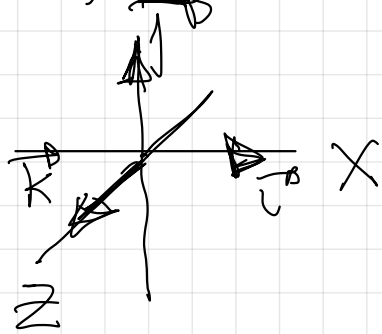
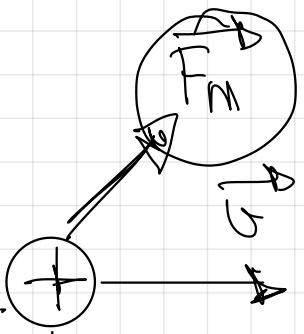
$$\vec{F}_m = q \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ v_x & v_y & v_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

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

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



↙
↘
 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

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

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

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

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

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)

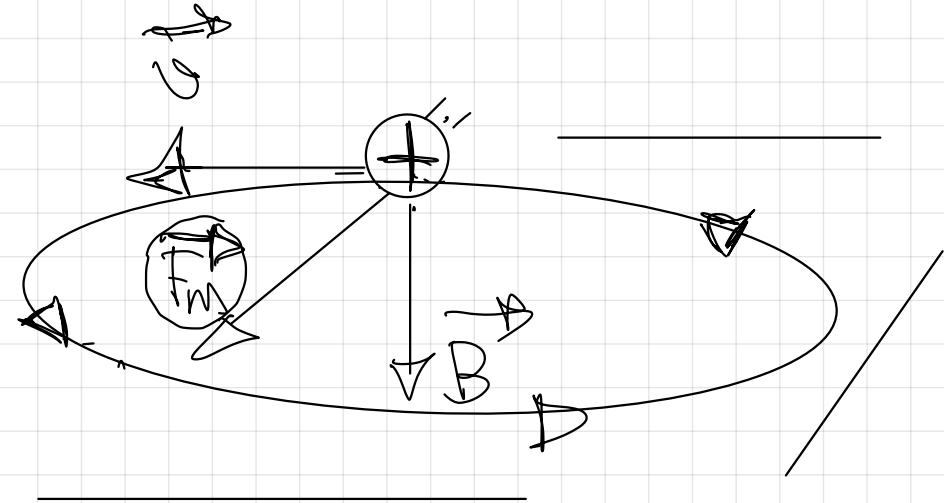
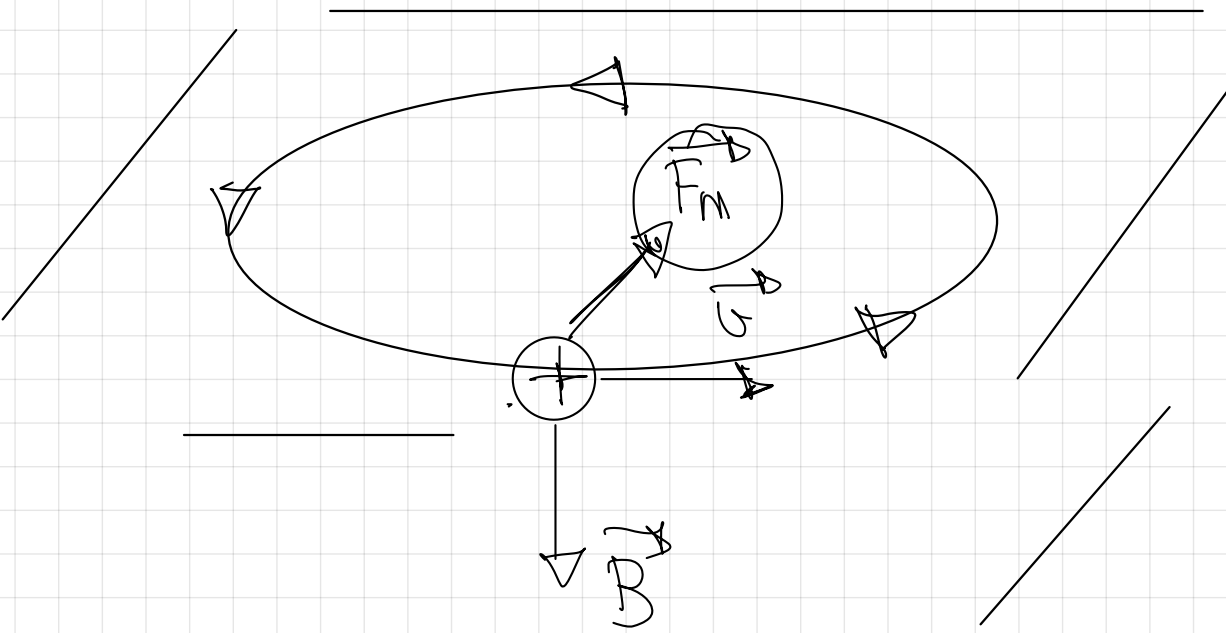
Ley de Lorentz

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

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

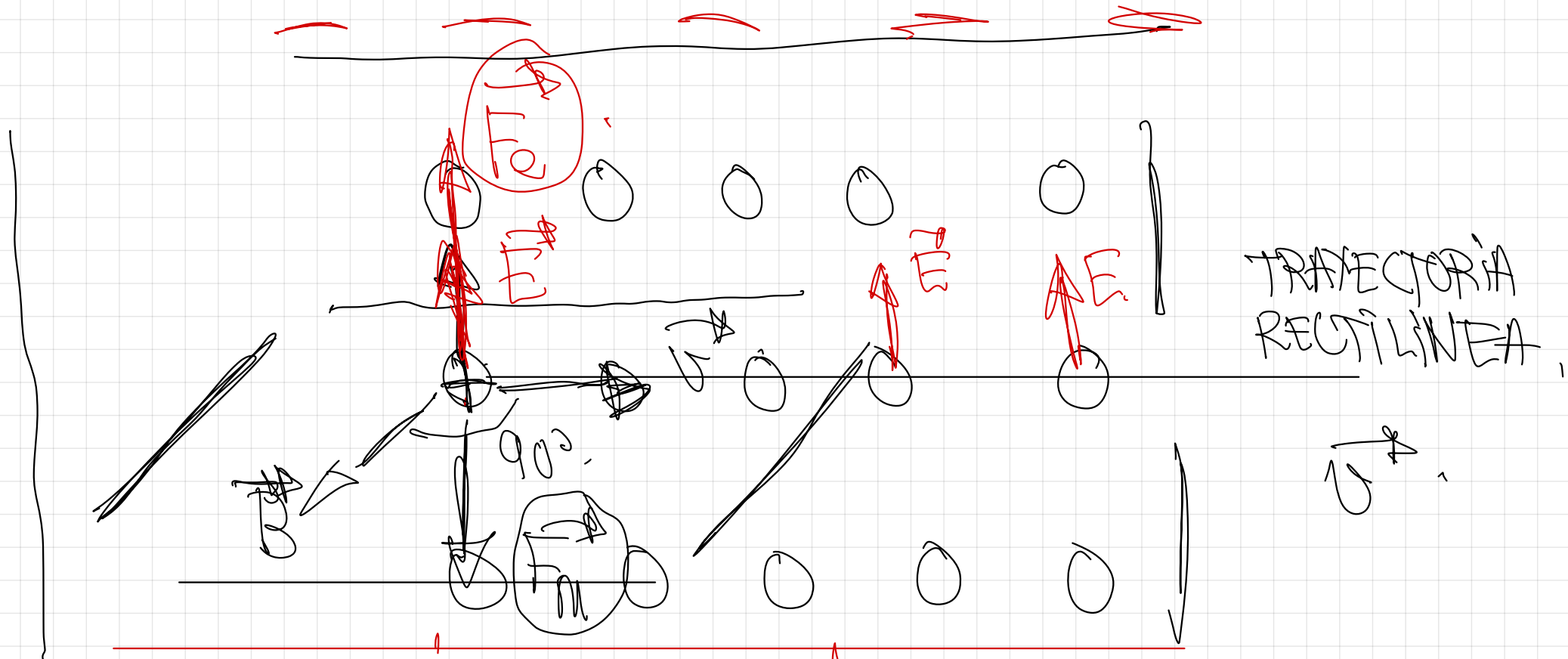
$$\vec{F}_m = q \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \\ B_z \end{pmatrix}$$

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



↙
↘
 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.

# SELECTOR DE VELOCIDADES



TRAYECTORIA  
RECTILINEA

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

$$q \cdot \vec{v} = q \cdot \vec{v} \cdot B$$

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

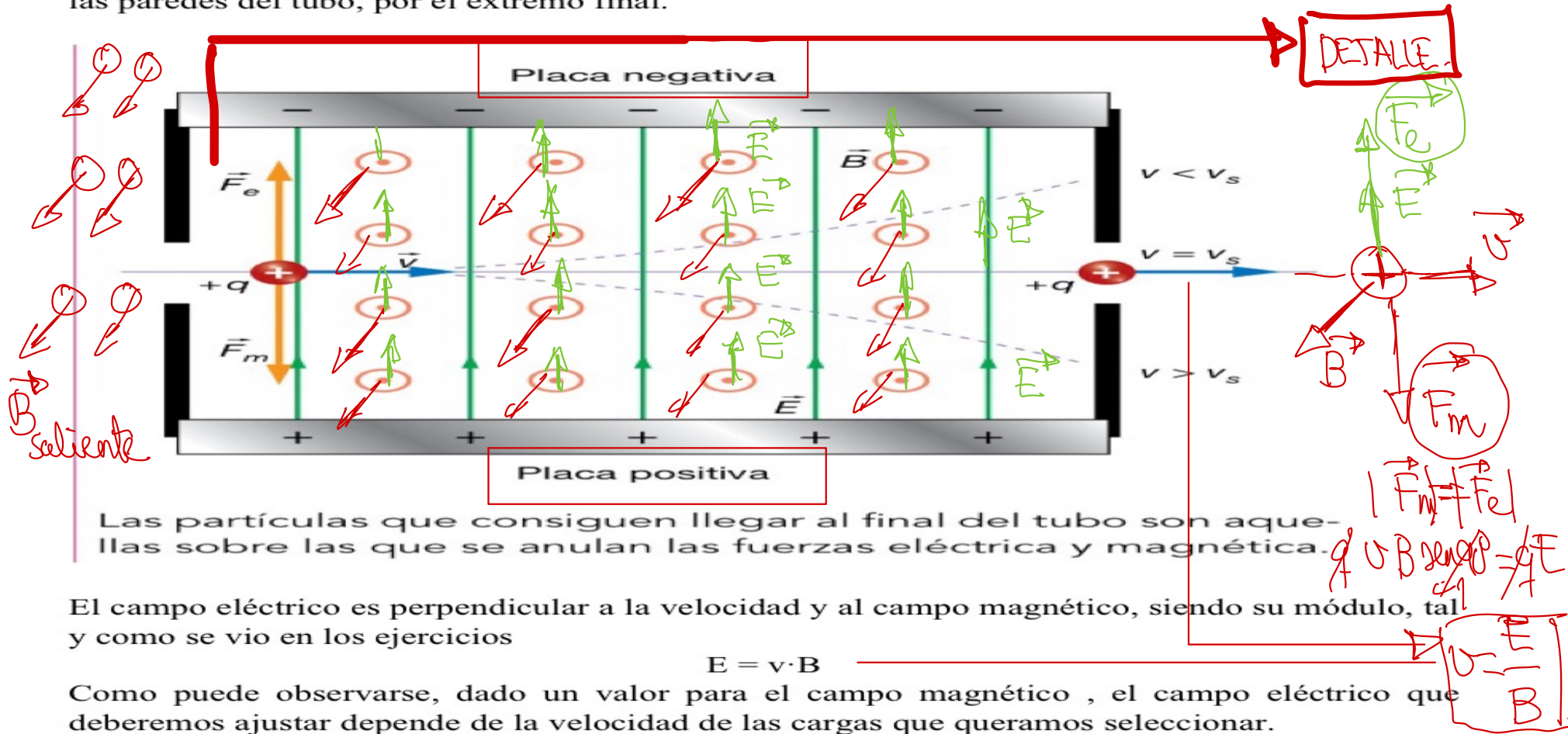
SELECTOR DE VELOCIDADES. ESPECTRÓMETRO DE MASAS. CLICLOTRÓN.  
ACELERADORES DE PARTÍCULAS

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.

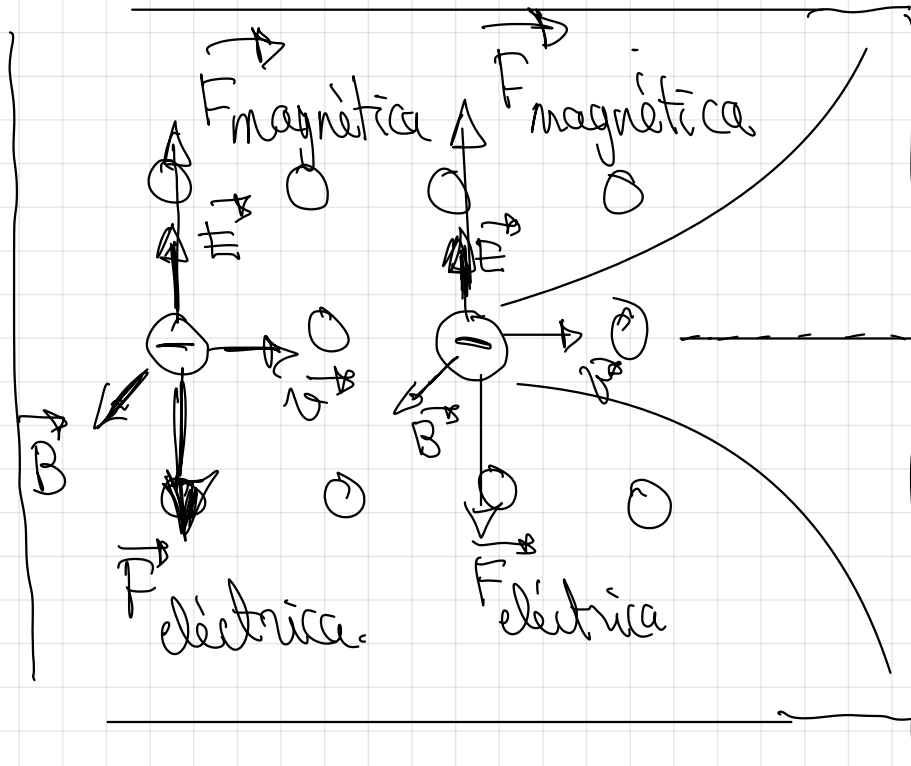
El campo eléctrico es perpendicular a la velocidad y al campo magnético, siendo su módulo, tal y como se vio en los ejercicios

$$E = v \cdot B$$

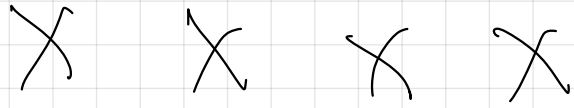
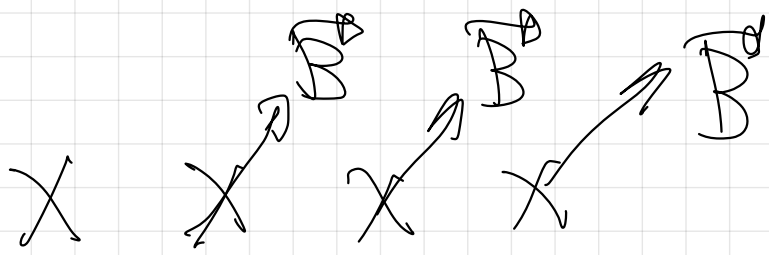
Como puede observarse, dado un valor para el campo magnético, el campo eléctrico que deberemos ajustar depende de la velocidad de las cargas que queramos seleccionar.

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

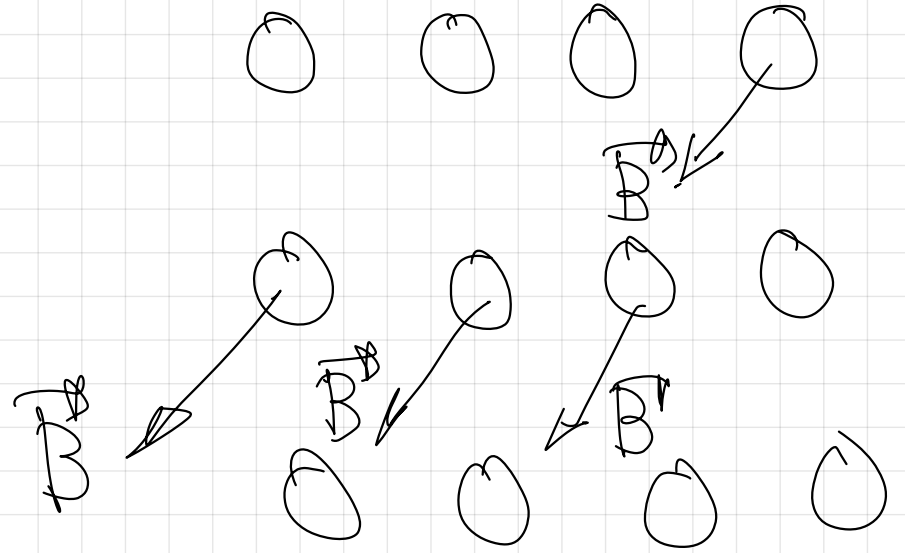
la misma  
orientación  
de campos  
también  
funcionaria  
en la carga  
negativa.



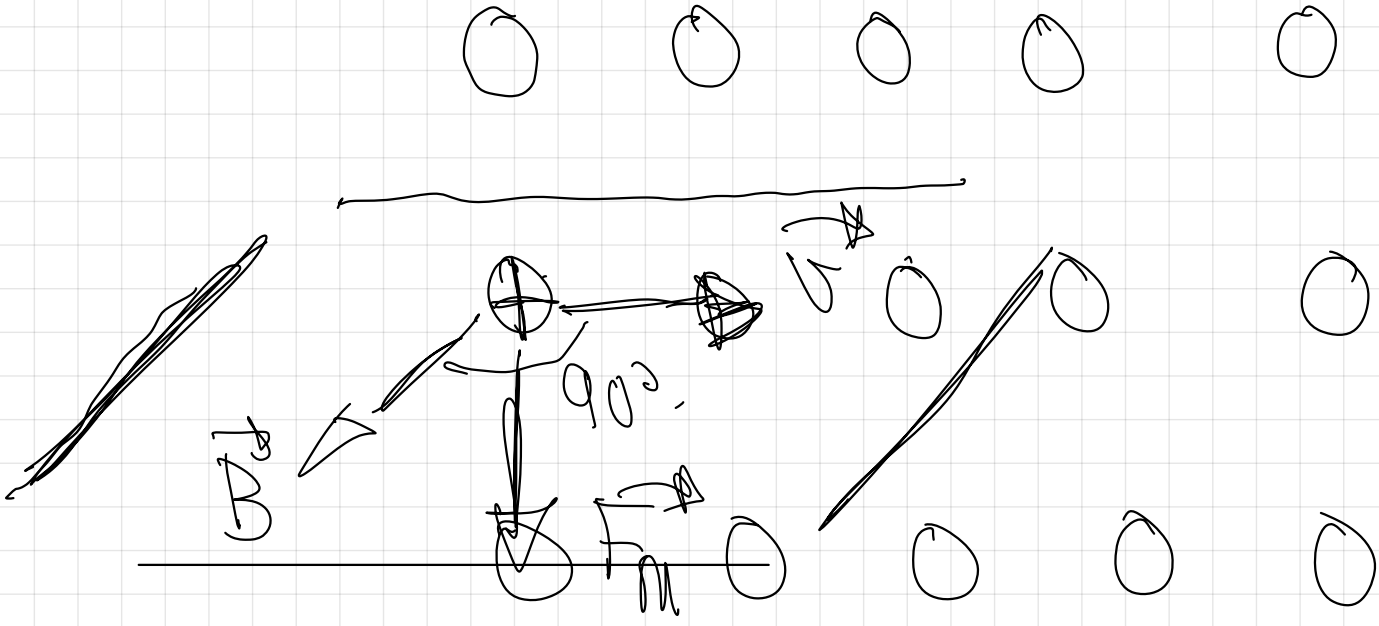
$F_m = F_e$   
 $q \cdot v B \sin \theta = q \cdot E$   
 $v = \frac{E}{B}$   
 $v > v_{salida}$   
 $v < v_{salida}$

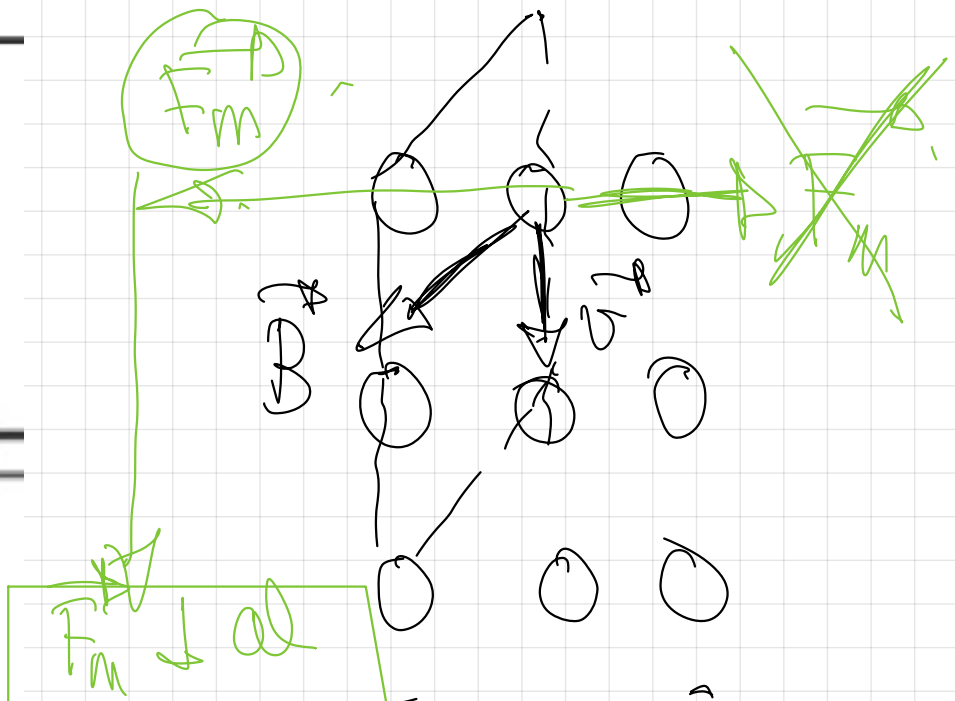
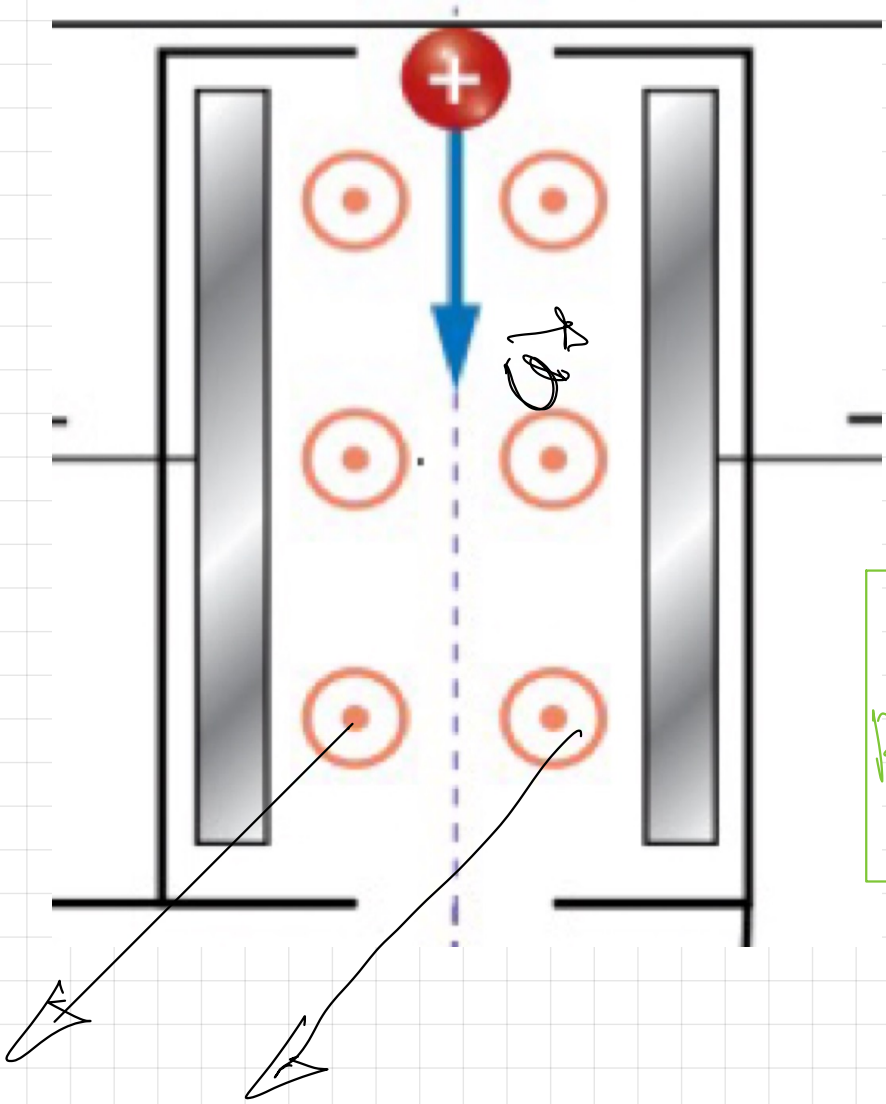


$P^1$   
Bentante



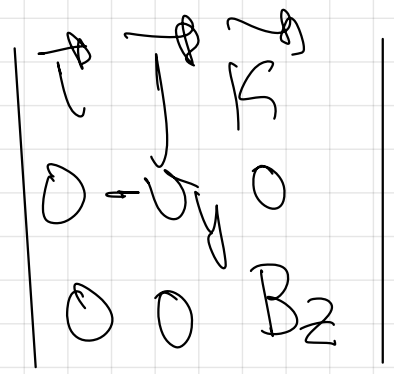
$P^1$   
Jalilate.





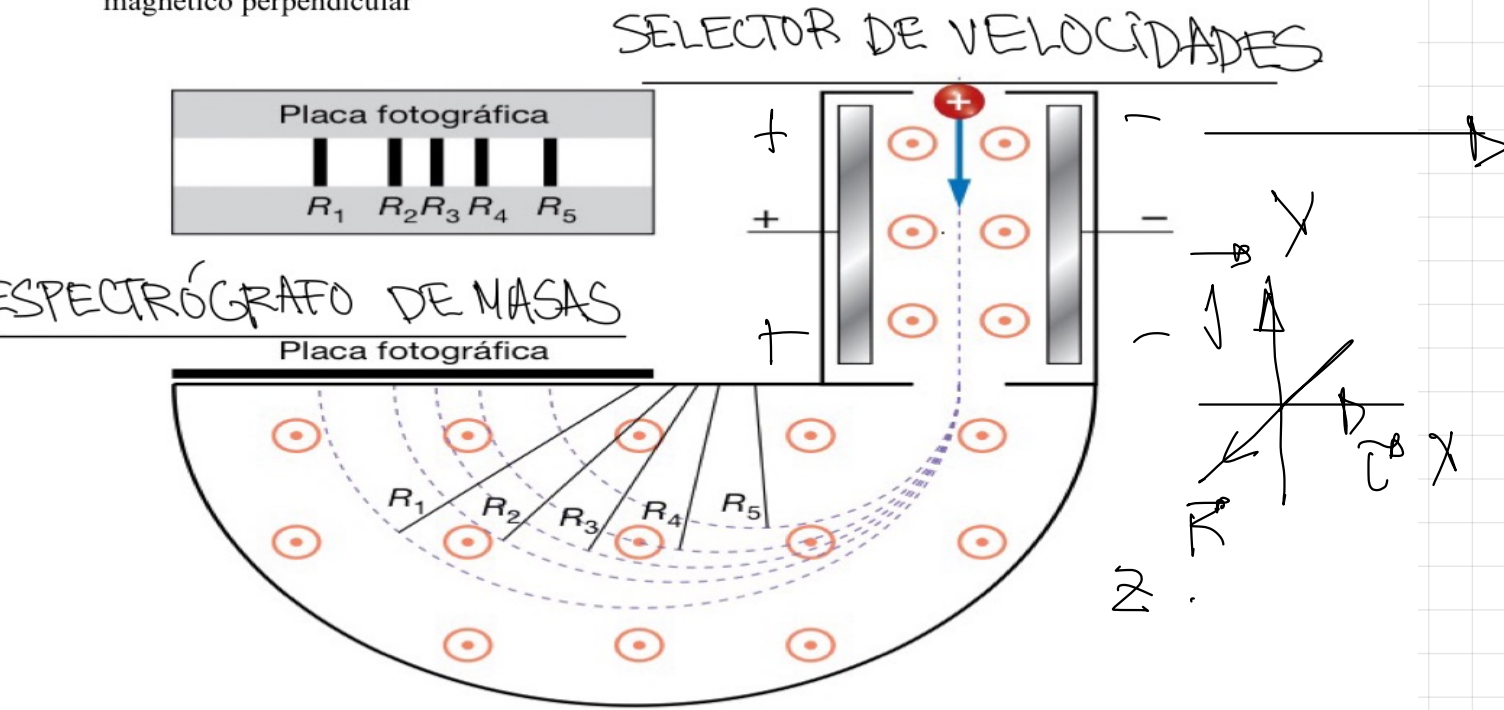
$F_m + al$   
plano formado  
por  $x$  y  $B$

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



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

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



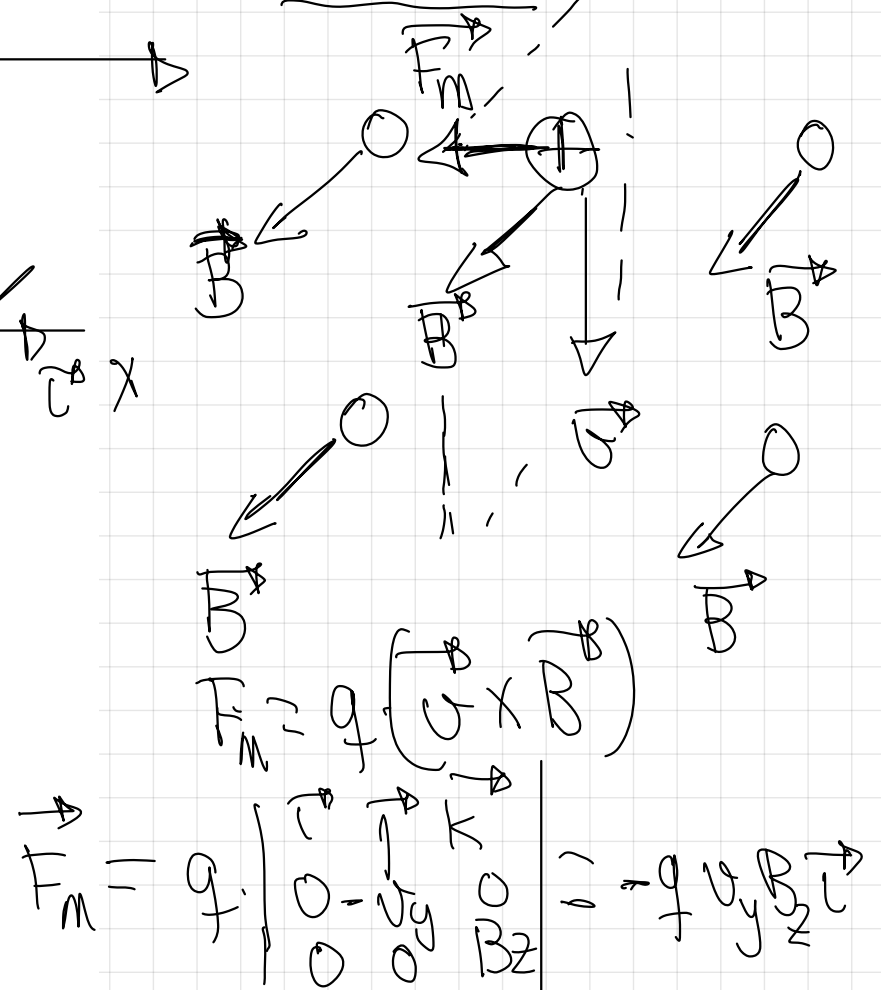
Este dispositivo se ha utilizado para encontrar los distintos isótopos de los elementos. Cada elemento se ioniza de manera estable con la misma carga, independientemente del tipo de isótopo. Por ejemplo, en una cámara de ionización producimos los iones  $Mg^{2+}$  y los aceleramos mediante un campo eléctrico 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

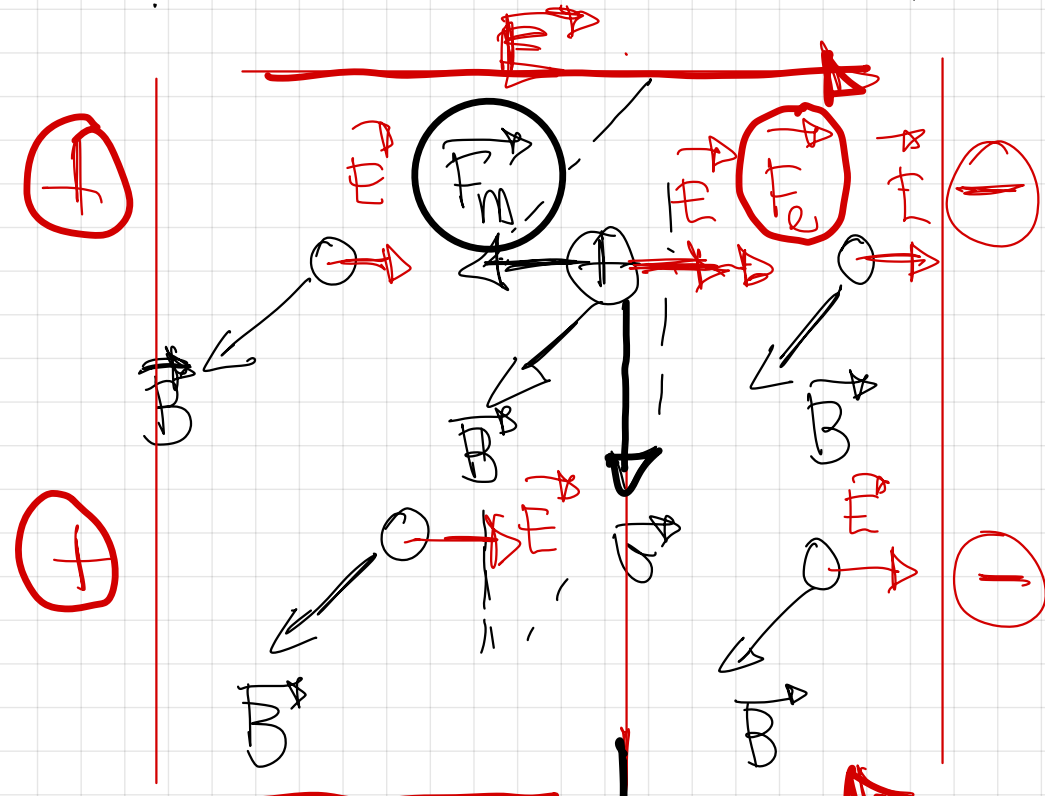
$$F_m = F_e$$

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

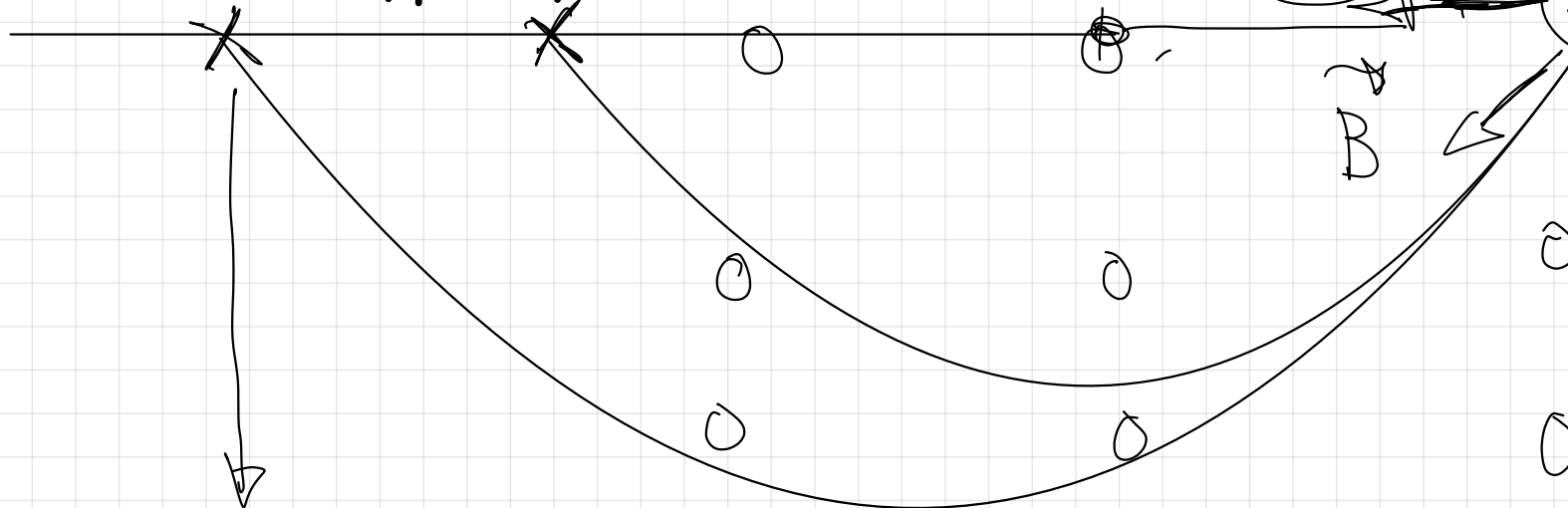
$$v = \frac{E}{B}$$



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



## ESPECTRÓGRAFO DE MASAS.



SOLO ACTÚA EL CAMPO MAGNÉTICO

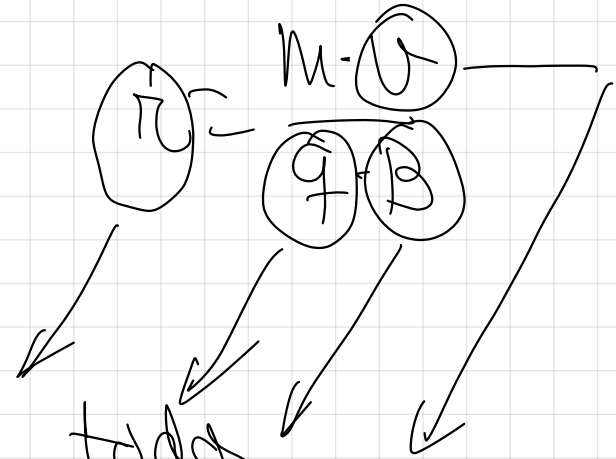


Podemos saber el radio de la trayectoria de la semicircunferencia descrita en el espectrógrafo de masas

$$F_m = F_n$$

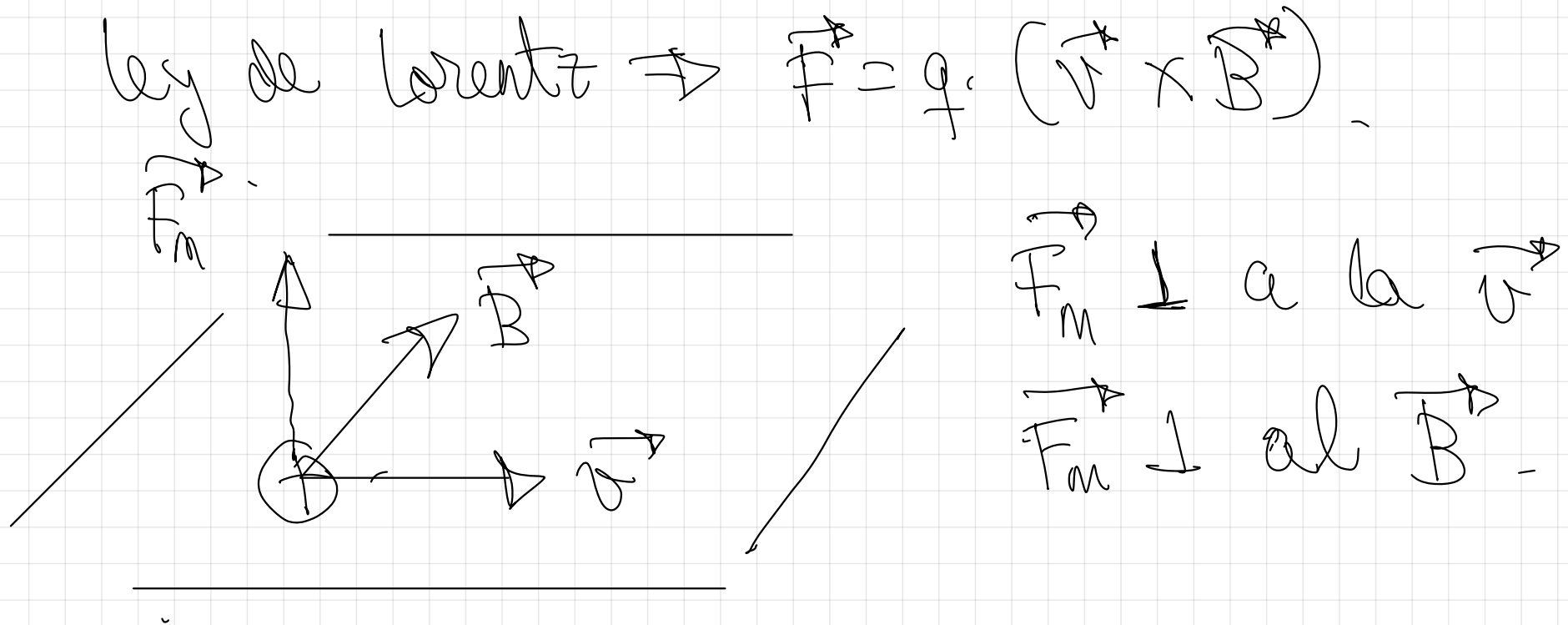
$$q \cdot v \cdot B \text{ sea } q \cdot v = m \cdot a_n$$

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



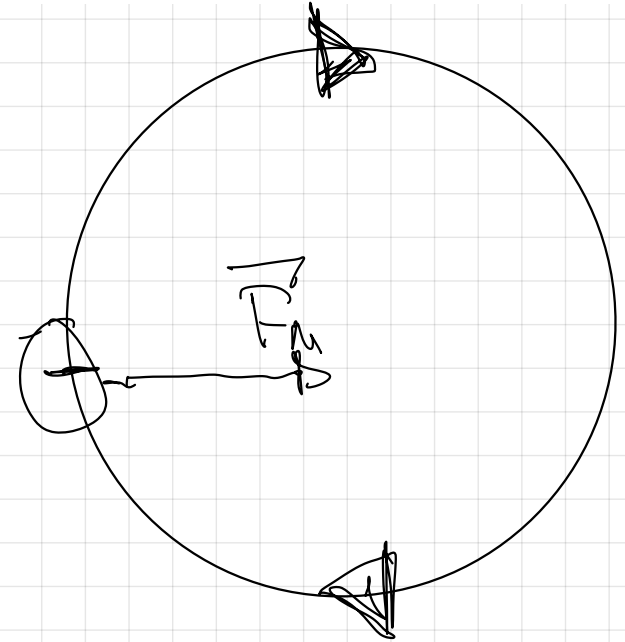
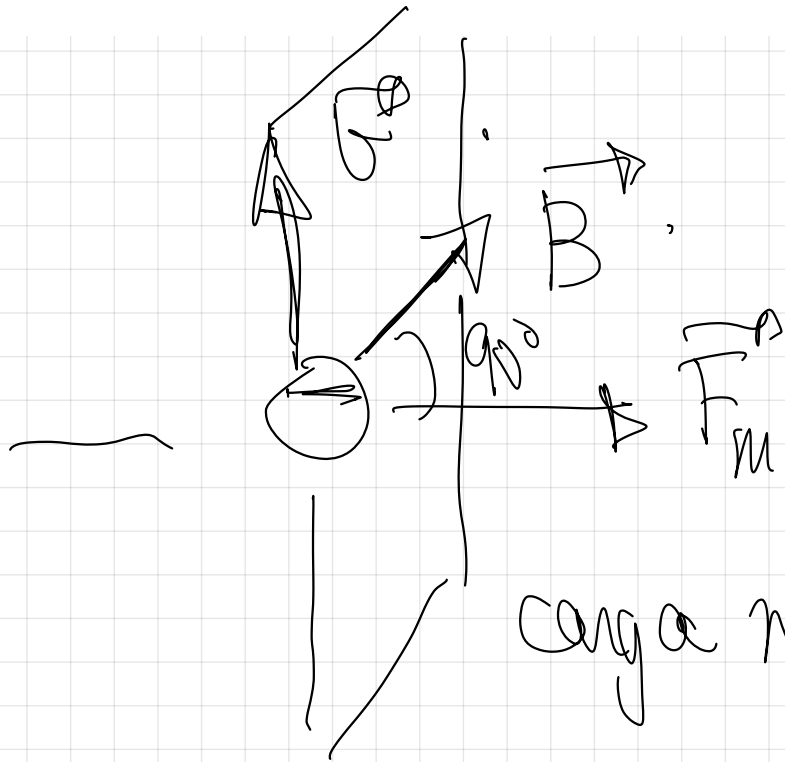
Sabiéndolos todos  
podría hallar la  
masa de la partícula  
cargada que se introduce.

50.- De los tres vectores que aparecen en la ecuación  $\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$ , ¿qué pares de vectores son siempre perpendiculares entre sí y cuáles pueden no serlo?



$\mathbf{v}$  y  $\mathbf{B}$  podrían no ser perpendiculares entre sí.

52.- Sobre un electrón, que se mueve con velocidad  $v$ , actúa un campo magnético  $B$  en dirección normal a su velocidad. Deduzca las expresiones del radio de la órbita, del período del movimiento y de la frecuencia del movimiento.



$$F_m = F_n$$

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

$$\boxed{R = \frac{m \cdot v}{e \cdot B}}$$

$$F_m = F_a.$$

$$f \cdot v \cdot B = \cancel{2\pi} \cdot \cancel{90^\circ} \cdot \frac{1}{T} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$f \cdot B = m \cdot \frac{\left(\frac{2\pi v}{T}\right)}{R}$$

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

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

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ vueltas}}{\text{tiempo}}$$



$$f = \frac{1 \text{ vuelta}}{T}$$

tiempo que  
seguir va a  
un periodo

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

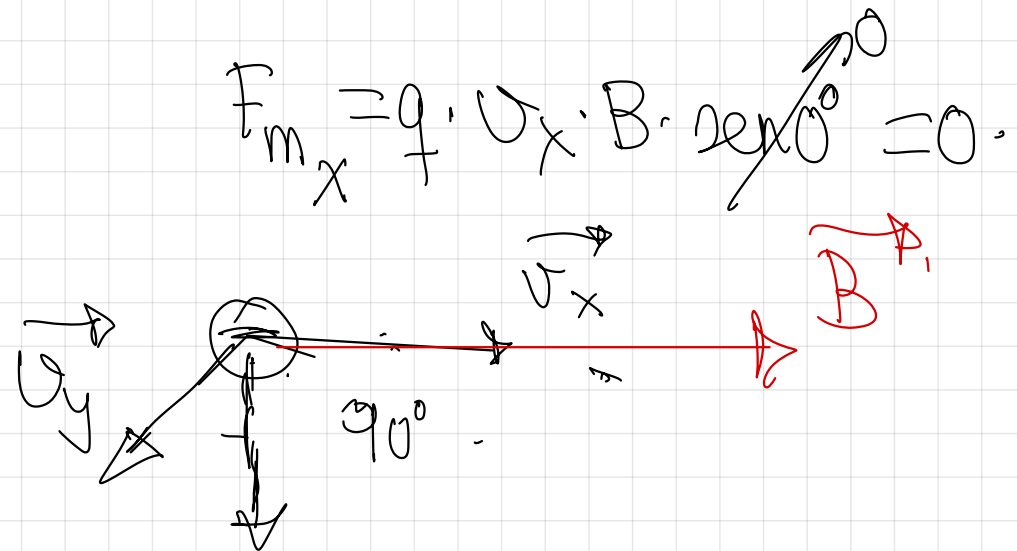
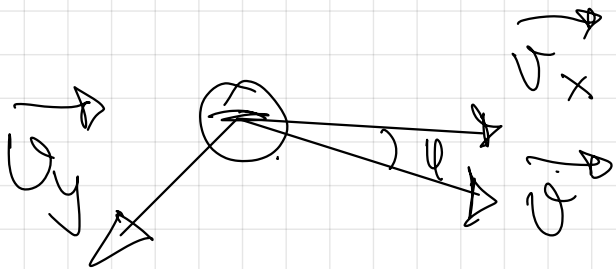
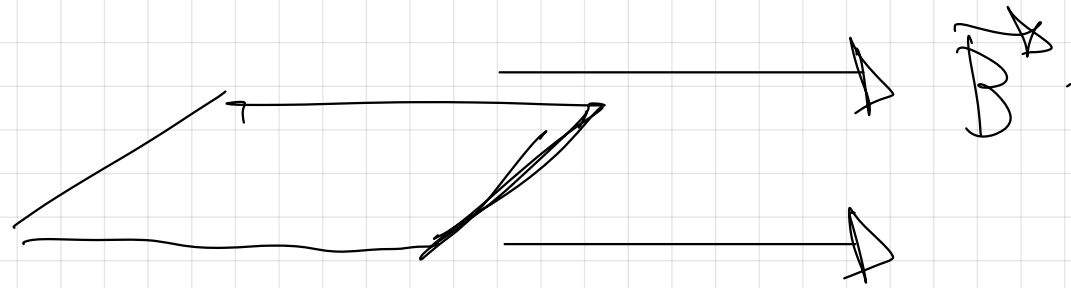
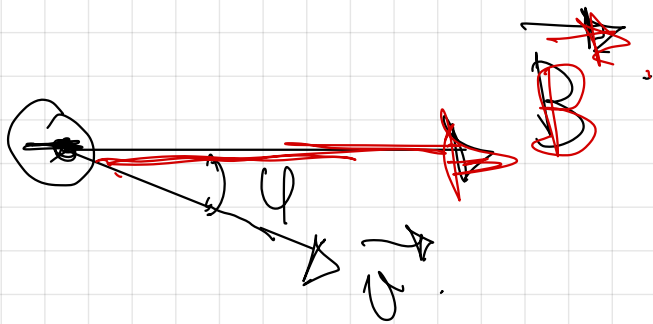


$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{n \cdot 2\pi}{q \cdot B}}$$

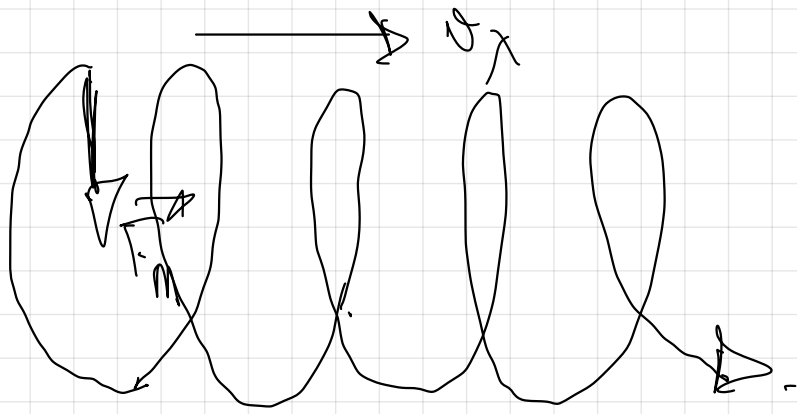
$$f = \frac{q \cdot B}{n \cdot 2\pi}$$

pag 75 Trayectoria.

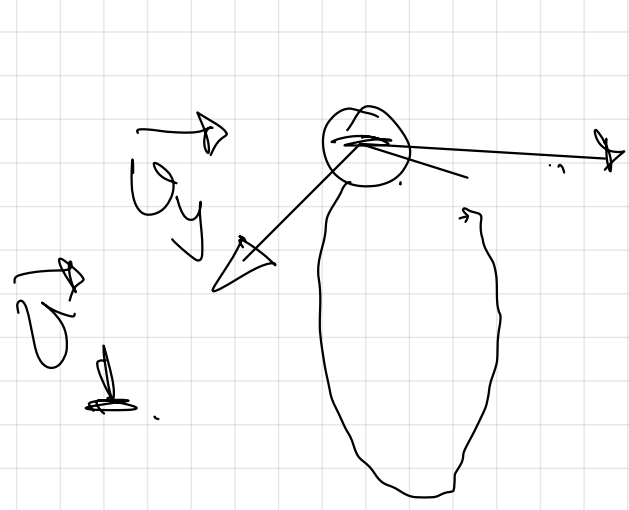
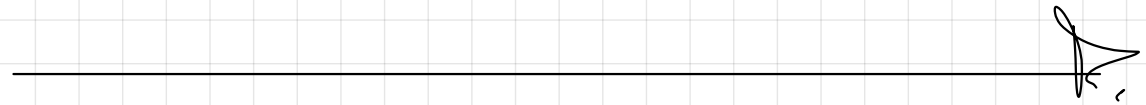
c) La velocidad  $v$  y el campo  $B$  forman un ángulo  $0 < \alpha < 90^\circ$   
el caso que la partícula se mueva con una velocidad que no es n



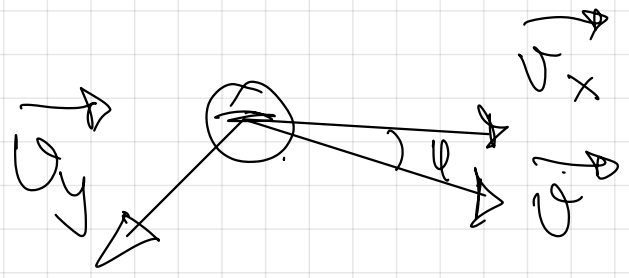
$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin 0^\circ = 0$$



$\vec{F} = m\vec{a}$



$\vec{F} = -kx$



$\vec{F} = -kx$

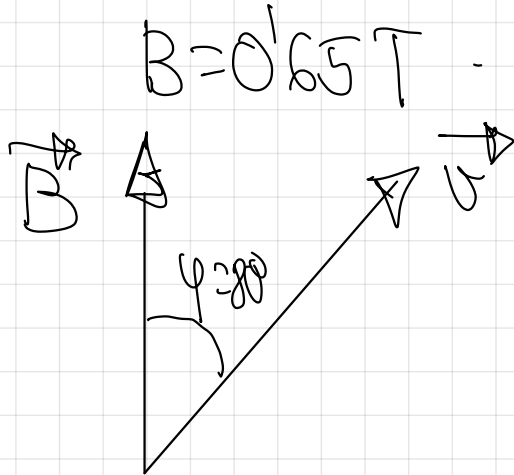
$\vec{F} = -kx$   $\vec{F} = -kx$   $\vec{F} = -kx$   $\vec{F} = -kx$

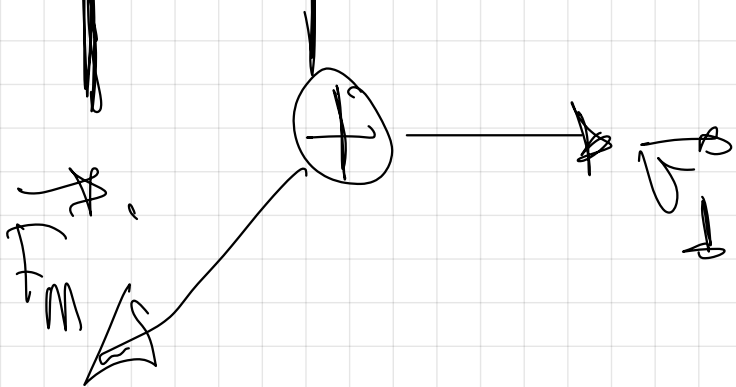
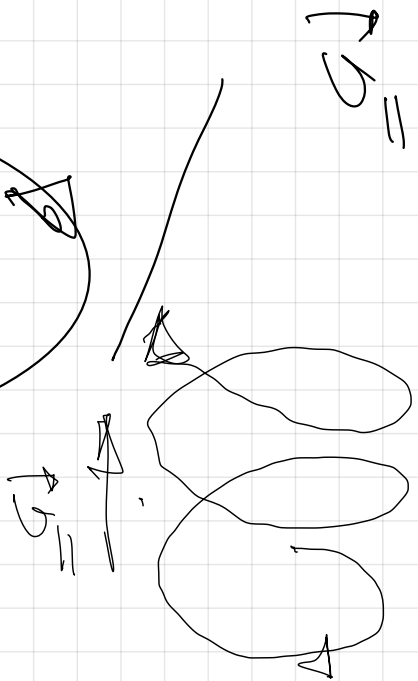
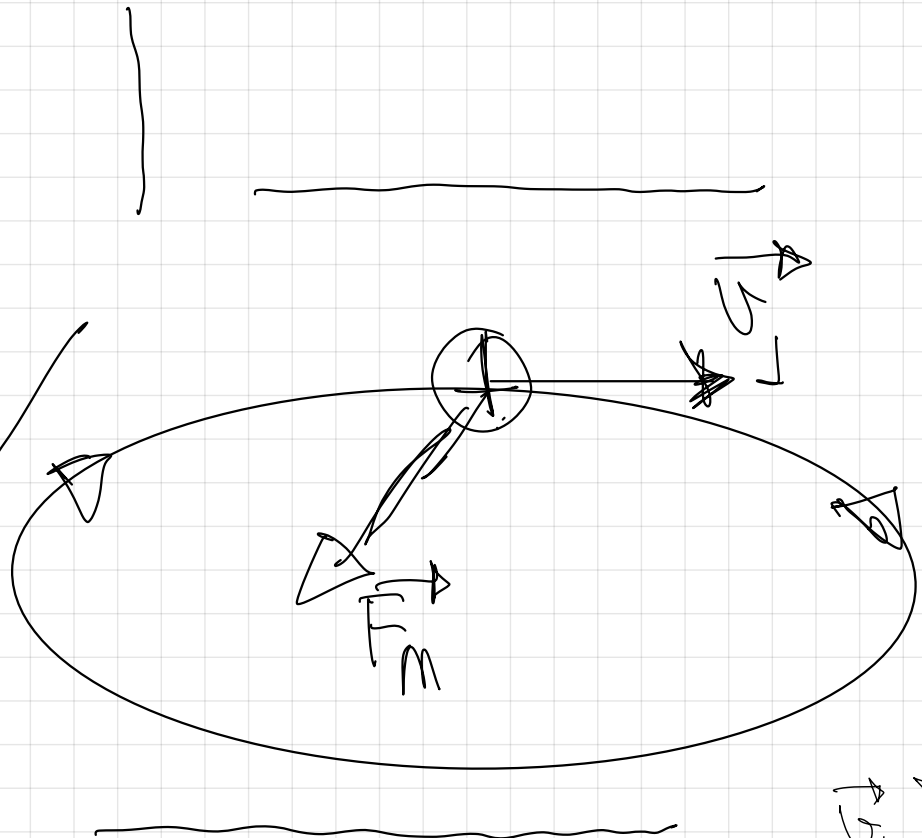
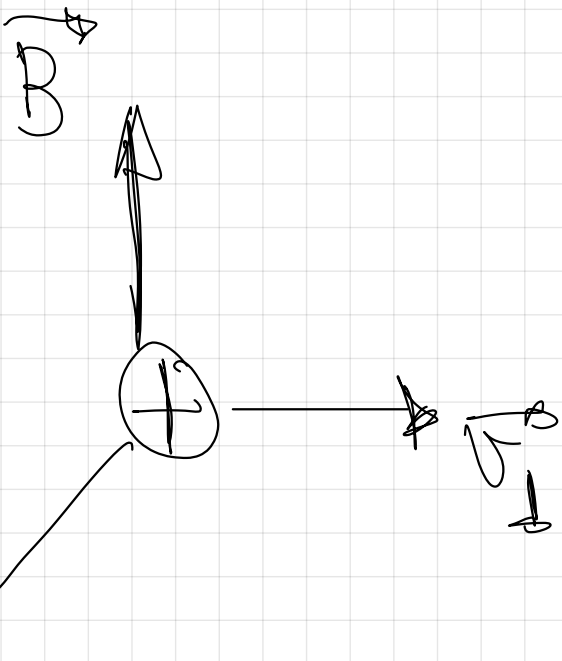
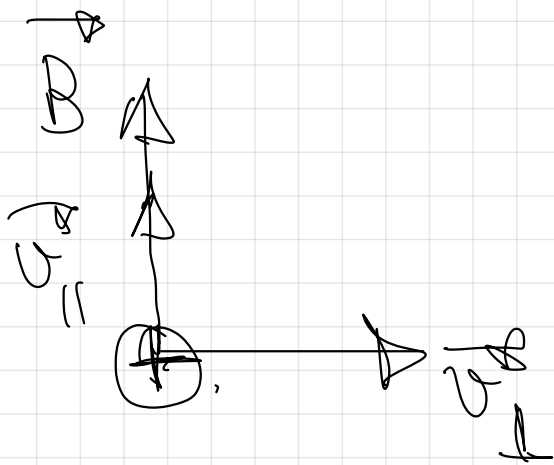
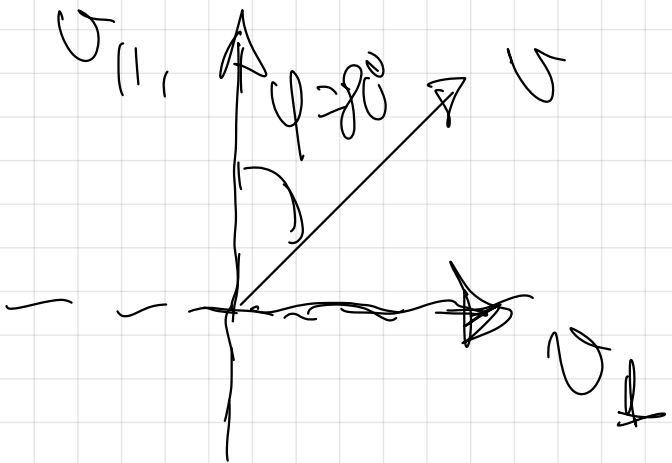
$$F_m = q \cdot [v \cdot \sin \varphi] \cdot B.$$

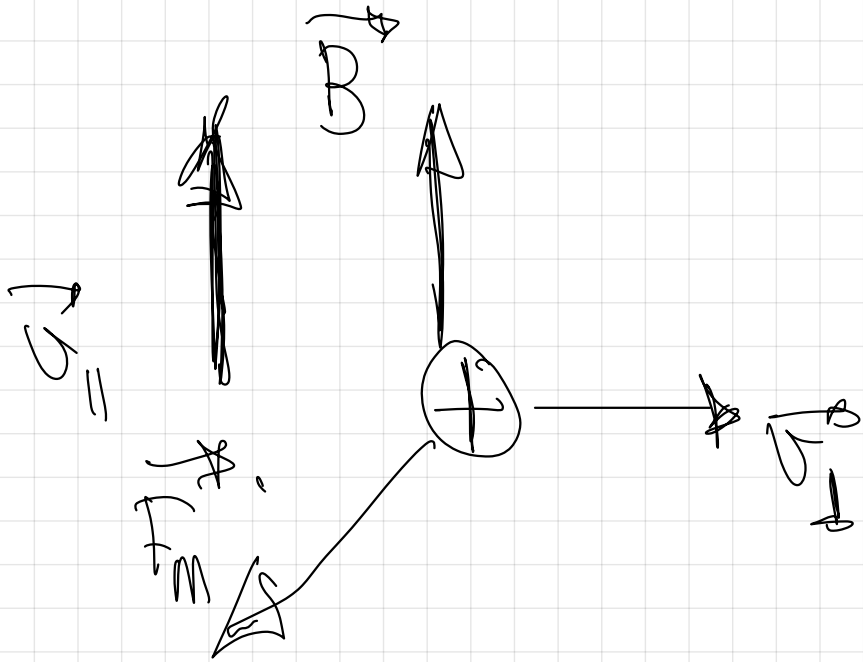
$E_c.$

14.- Un protón de  $9,0 \cdot 10^{-17} \text{ J}$  entra en una región del espacio en donde existe un campo magnético de  $0,65 \text{ T}$  que forma un ángulo de  $80^\circ$  con el vector velocidad del protón. Determina el radio de las circunferencias que describe, la frecuencia a la que lo hace y la velocidad a la que se desplaza el plano de las circunferencias

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

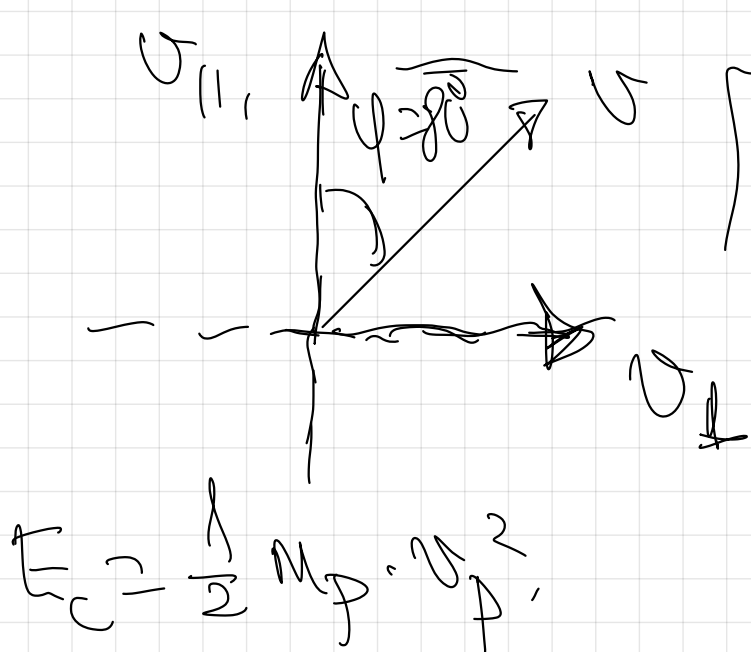






$$F_m = F_n$$

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



$$\sin 80^\circ = \frac{v_{\perp}}{v}$$

$$v_{\perp} = v \cdot \sin 80^\circ$$

$$v_{\perp} = 3.28 \cdot 10^5 \text{ m/s} \cdot \sin 80^\circ$$

$$2E_c = m_p \cdot v_p^2$$

$$v_p = \sqrt{\frac{2E_c}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9 \cdot 10^{-17}}{1.67 \cdot 10^{-27}}} = 3.28 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$v_{\downarrow} = 3.23 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

con el plano.

$$q \cdot B \cdot \sin 90^\circ = m \cdot \frac{v_{\downarrow}^2}{r}$$

$$r = \frac{m \cdot v_{\downarrow}^2}{q \cdot B} = \frac{1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 3.23 \cdot 10^5}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.65} = 5.19 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$F_m = F_n.$$

$$q \cdot \cancel{v} \cdot B \cdot \cancel{\sin \varphi_0} = m \cdot \frac{v^2}{r}.$$

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

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

$$\Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{q \cdot B}{m \cdot 2\pi} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.65}{1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 2\pi} = 9.9 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

53

Una partícula con carga  $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$  C se desplaza con una velocidad  $\vec{v} = 2\vec{i} + 4\vec{j} + \vec{k}$  m/s por una región en la que existe un campo magnético

$\vec{B} = 2\vec{i} + 4\vec{j} + \vec{k}$  T y un campo eléctrico  $\vec{E} = 4\vec{i} - \vec{j} - 2\vec{k}$  N/C

- a) ¿Cuál es la fuerza total ejercida sobre la partícula?  
b) ¿Y si la partícula se moviera con velocidad  $-\vec{v}$ ?

a)  $\vec{v} = 2\vec{i} + 4\vec{j} + \vec{k}$   
 $\vec{B} = 2\vec{i} + 4\vec{j} + \vec{k}$

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta = 0.$$

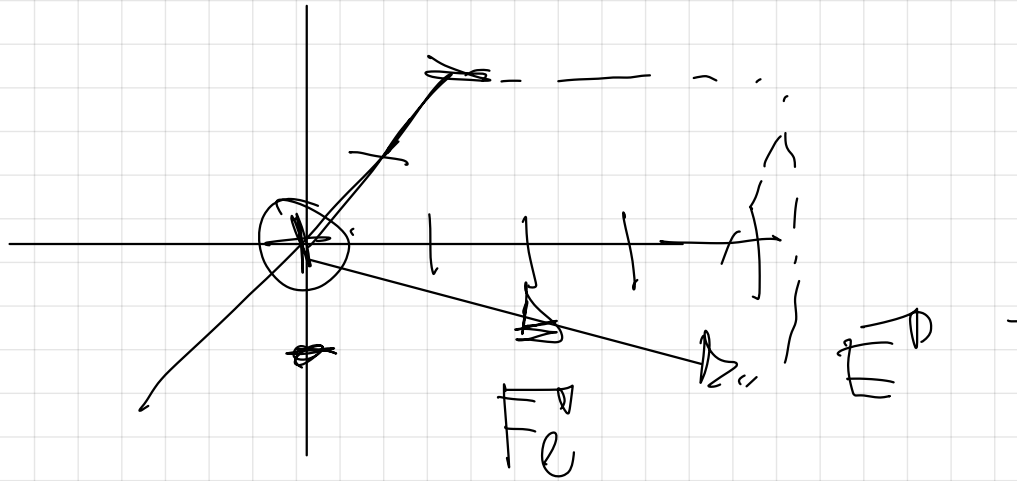
Solo actúa la eléctrica.

$$\vec{F}_e = q \cdot \vec{E} = 3,2 \cdot 10^{-19} \cdot (4\vec{i} - \vec{j} - 2\vec{k})$$

$$\vec{F}_e = q \cdot \vec{E} = 3,2 \cdot 10^{-19} \cdot (4\vec{i} - \vec{j} - 2\vec{k}) = 12,8 \cdot 10^{-19} \vec{i} - 3,2 \cdot 10^{-19} \vec{j} - 6,4 \cdot 10^{-19} \vec{k} \text{ (N)}$$

Calculando su módulo  $|\vec{F}_e| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = 1,46 \cdot 10^{-18} \text{ N.}$

b)



$$\vec{v} = 2\vec{i} + 4\vec{j}$$
$$\vec{B} = 2\vec{i} + 4\vec{j}$$

$$-\vec{v} = -2\vec{i} - 4\vec{j} - \vec{k} \quad \left(\frac{m}{s}\right)$$

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

Actúa la misma fuerza eléctrica que en a)

54.- Una partícula de carga  $-50 \mu\text{C}$  y  $0,2 \text{ mg}$  se desplaza a una velocidad

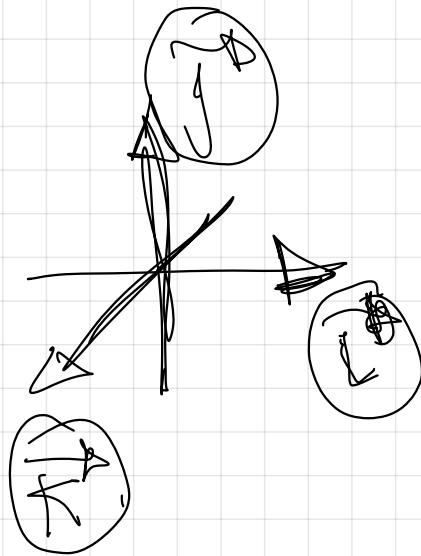
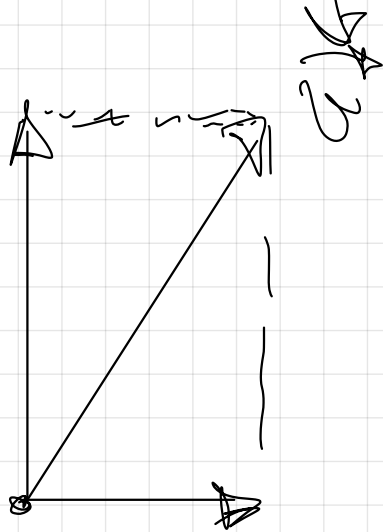
$\vec{v} = (100\vec{i} + 500\vec{j}) \text{ m/s}$  en un campo magnético uniforme  $\vec{B} = 1000\vec{i} \text{ G}$ . Determina como será el movimiento de la carga, calculando su radio y su frecuencia.

$$1\text{T} = 10^4 \text{ G} \quad (\text{Gauss})$$

$$1 \text{ Tesla} = 10^4 \text{ GAUSS.}$$

$$1000 \text{ G} \cdot \frac{1\text{T}}{10^4 \text{ G}} = 0,1 \text{ T.}$$

$$\vec{B} = 0,1 \vec{i} \text{ (T)}$$



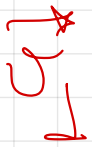
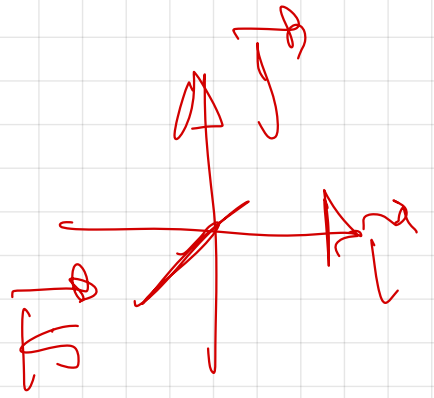
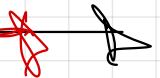
$$\vec{v} = (100 \hat{e}_1 + 500 \hat{e}_2) \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$v_y = 500 \hat{e}_2$$

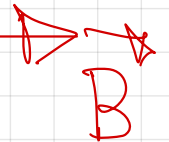


$$\vec{B} = 0.1 \hat{e}_1 \text{ (G)}$$

$$v_x = 100 \hat{e}_1$$



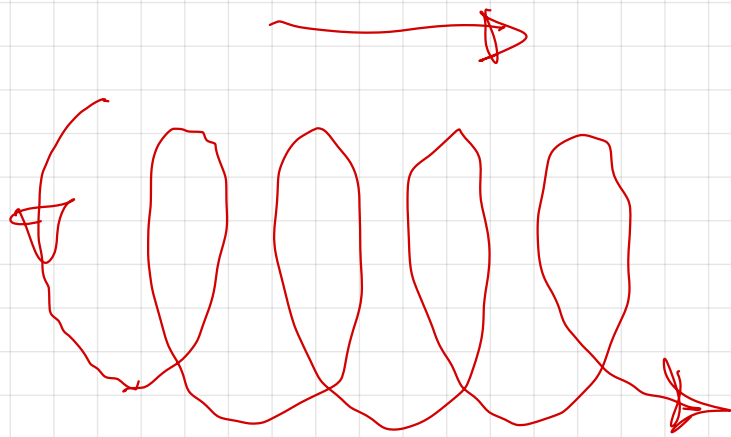
$90^\circ$



$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$(\vec{v} \times \vec{B})$$



$$F_m = F_n$$

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

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

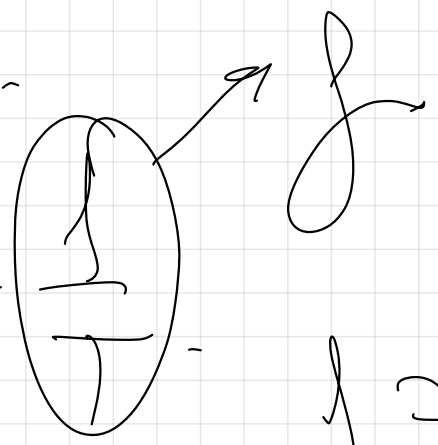
$$r = \frac{m \cdot v}{f \cdot B} = \frac{0.2 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 500 \text{ m/s}}{50 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 0.1 \text{ T}} = 20 \text{ m}$$

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

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

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

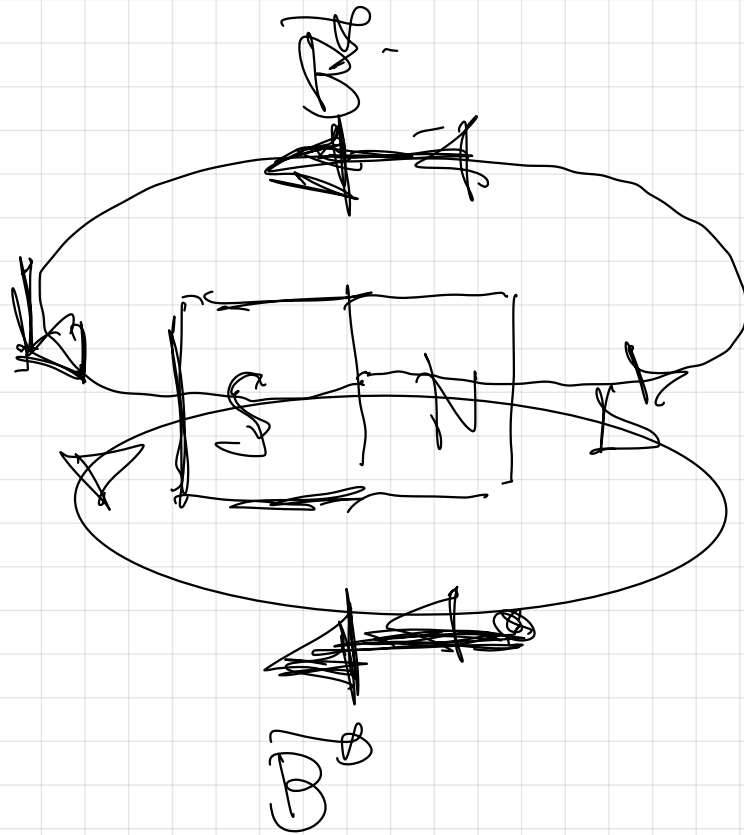
$$f \cdot B = m \cdot 2\pi$$



$$\frac{f \cdot B}{m \cdot 2\pi} = 4 \text{ Hz}$$

$$f \cdot B = m \cdot 2\pi$$

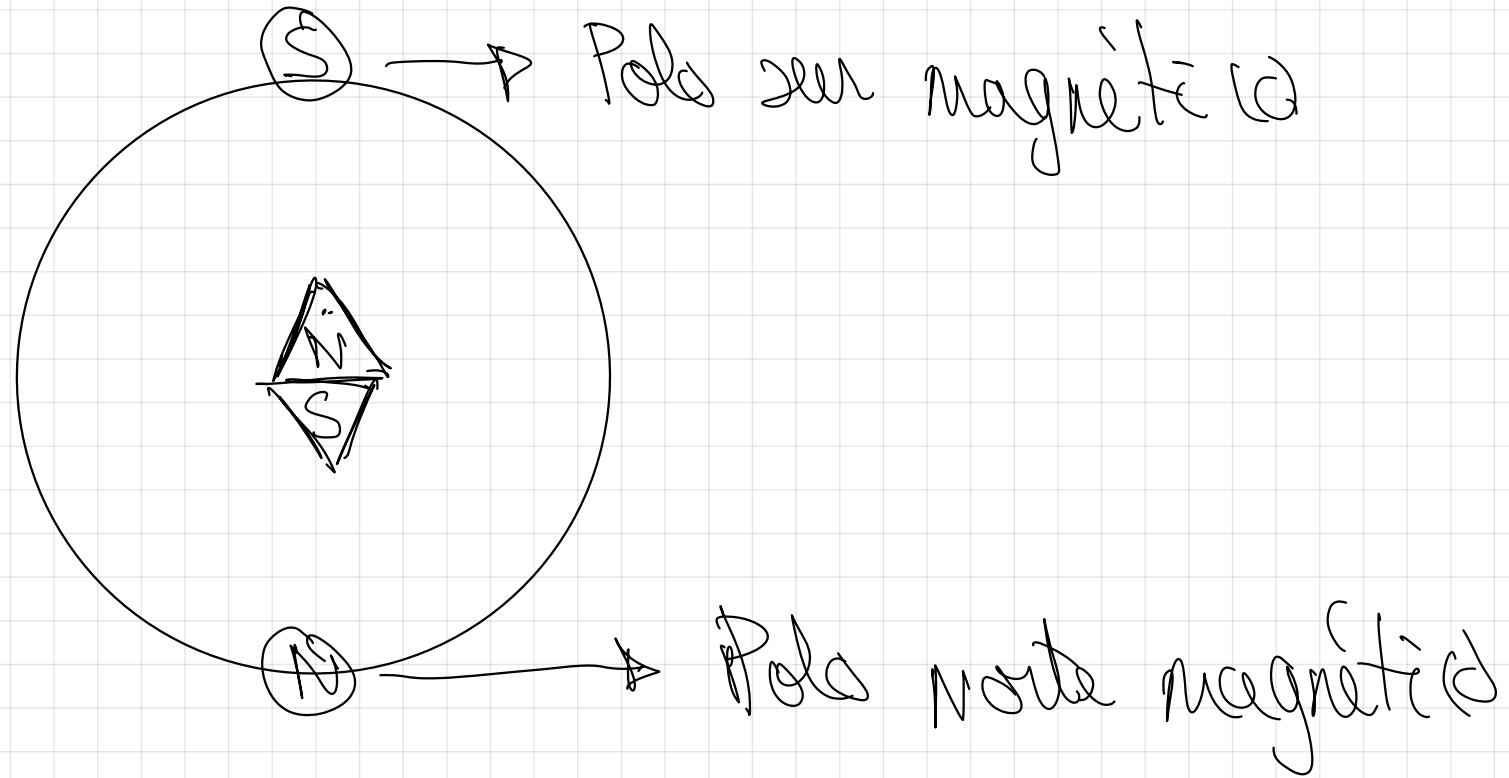
# Orígenes del campo magnético



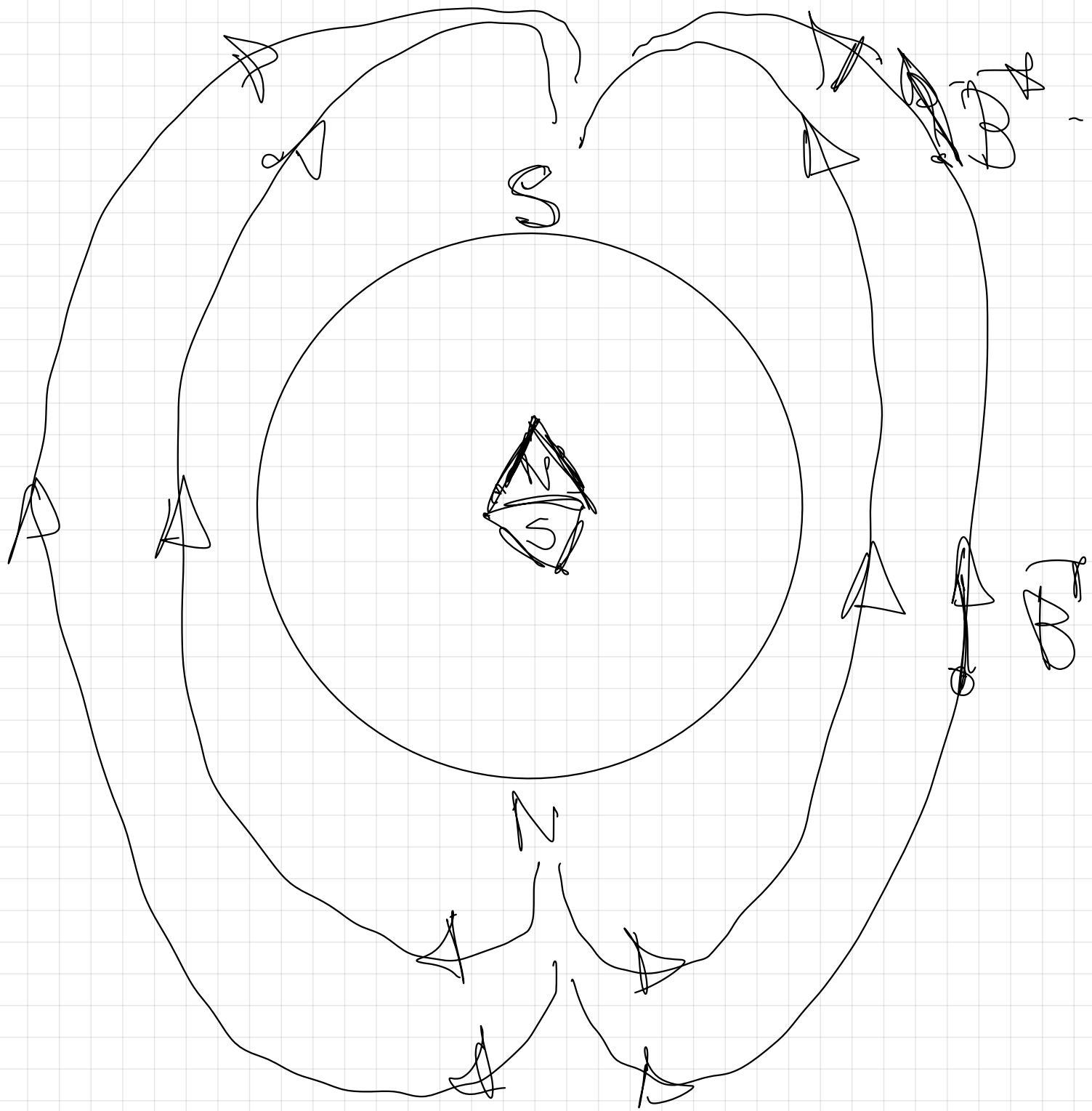
$B$   $\odot$  en  
cada pto a  
las líneas  
de campo

Líneas de campo cerradas.

POLO NORTE GEOGRÁFICO

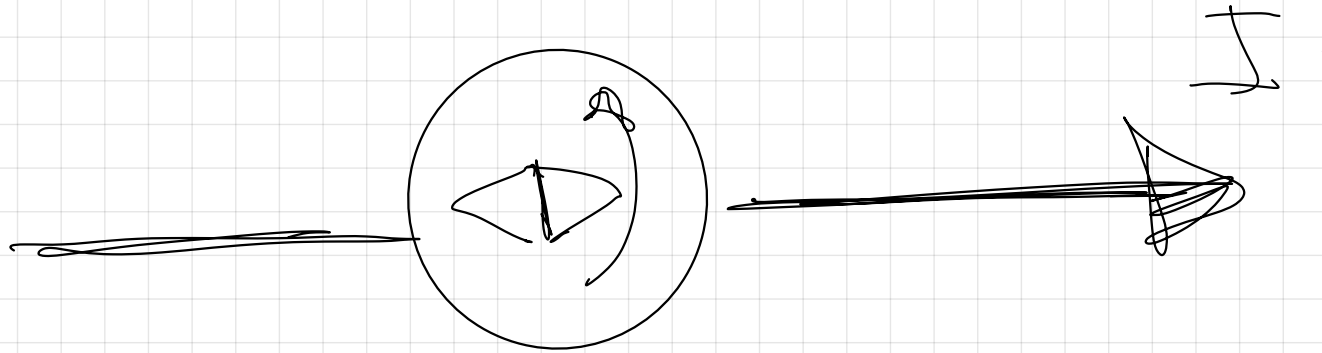


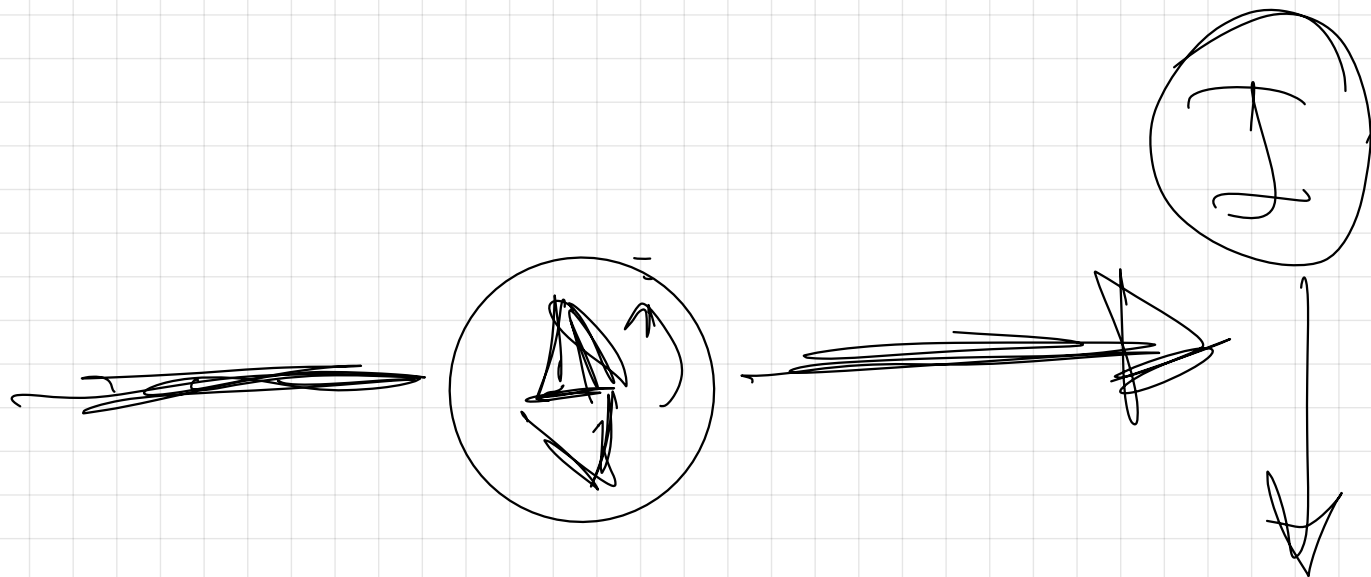
POLO SUR GEOGRÁFICO



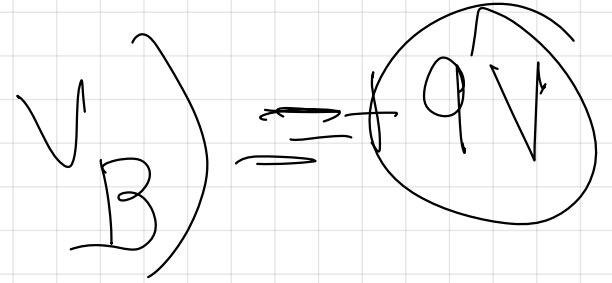
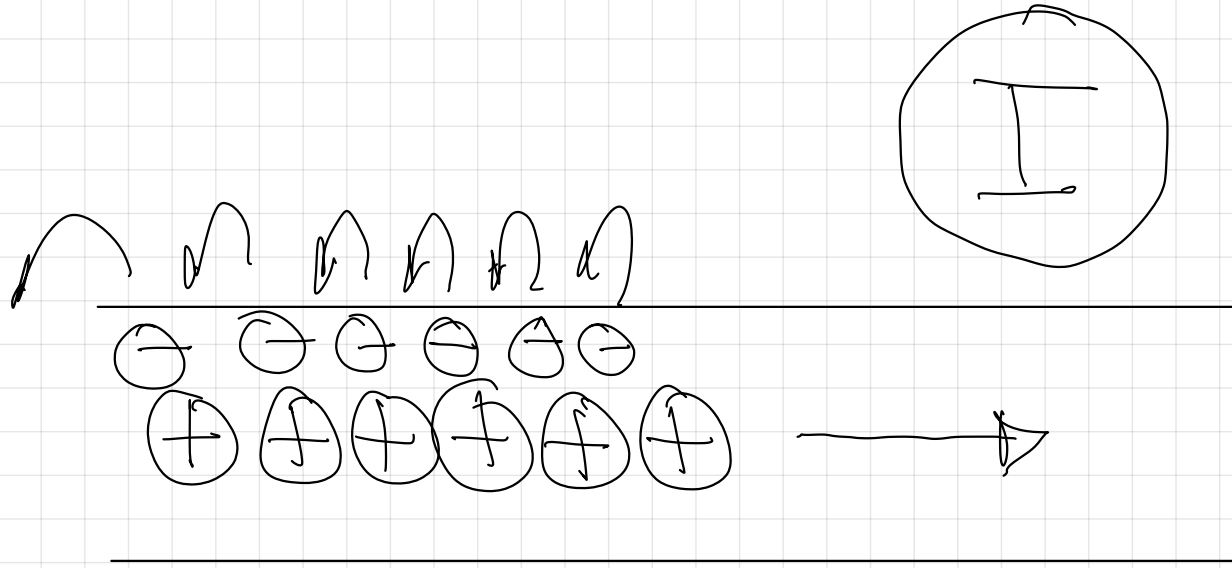
Øersted.

Experimento de Øersted.





Crea un campo magnetico



$$I = \frac{(V_A - V_B)}{R}$$



legy de Ohm

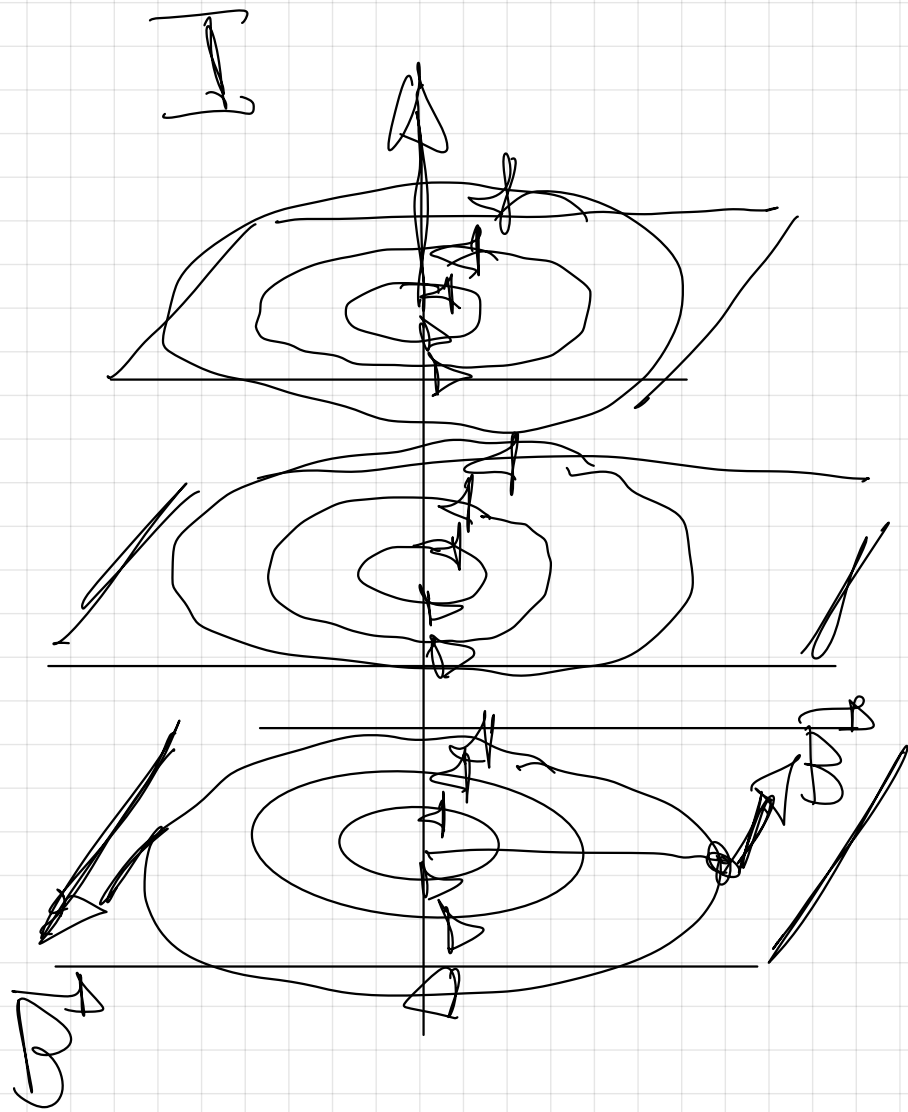
$$R = \frac{(V_A - V_B)}{I} = \frac{V}{A}$$

$$I \equiv \frac{Q}{t} \equiv \frac{C}{s} \equiv A$$

$$\frac{V}{A} \equiv \Omega$$

Ohm

$$1 A = \frac{C}{s}$$



$B \rightarrow$

creado por un conductor rectilíneo por el que circula una  $I$  de corriente.

Regla de la mano derecha -

$B \rightarrow$

$\Rightarrow$  Módulo.

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d}$$

$$\boxed{\mu_0} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$$

↓ permeabilidad  
magnética de el  
vacío.

dirección:

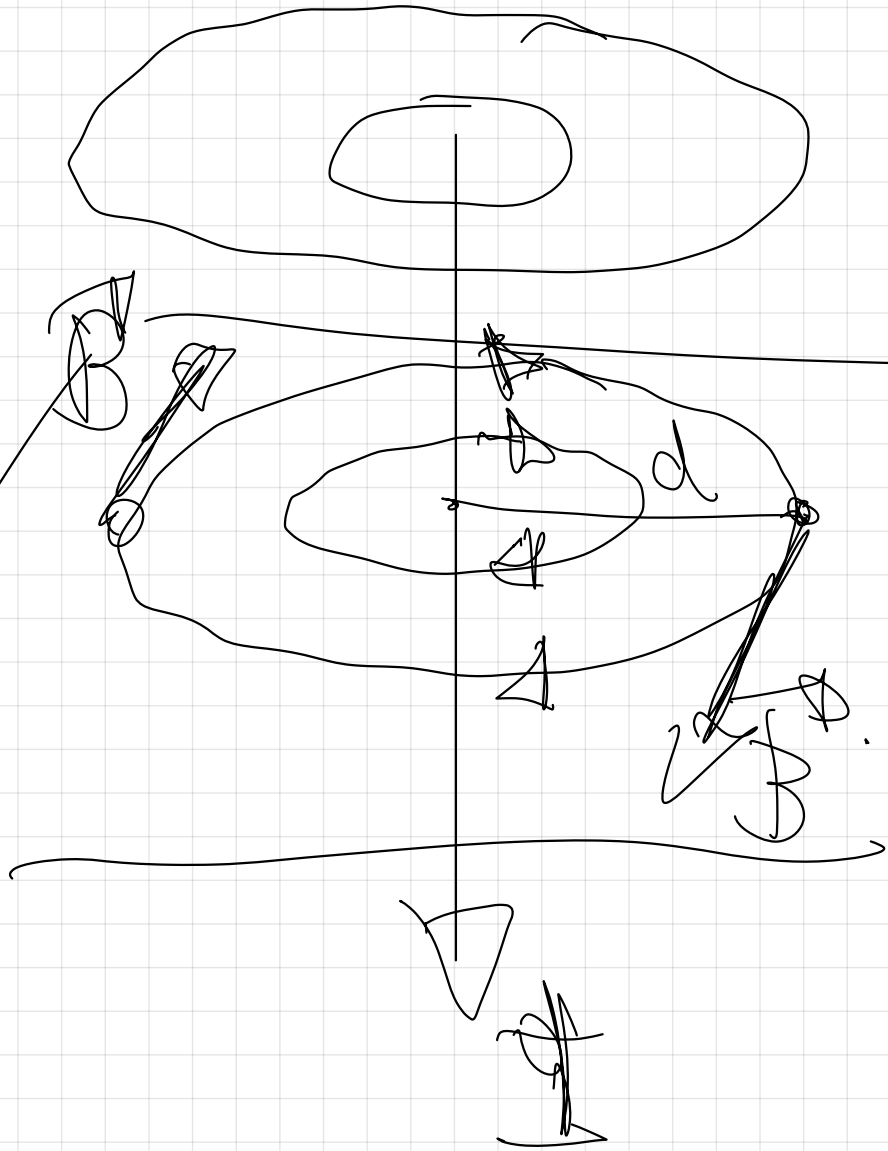
tg en cada pto a las líneas  
de campo

Sentido

de las líneas de campo

Señala de la mano derecha

$$B = \frac{N \cdot I}{2\pi a}$$



1 eV. = electrón-voltio

⇓ Unidad de energía utilizada frecuentemente en física cuántica.

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C.}$$

$$\Rightarrow 1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\frac{\text{q} \cdot \text{V}}{\text{e} \cdot \text{V}}$$

$$\text{e} \cdot \text{V}$$

$$1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot \frac{\text{J}}{\text{C}}$$

$$E_c = \boxed{2 \text{ eV}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

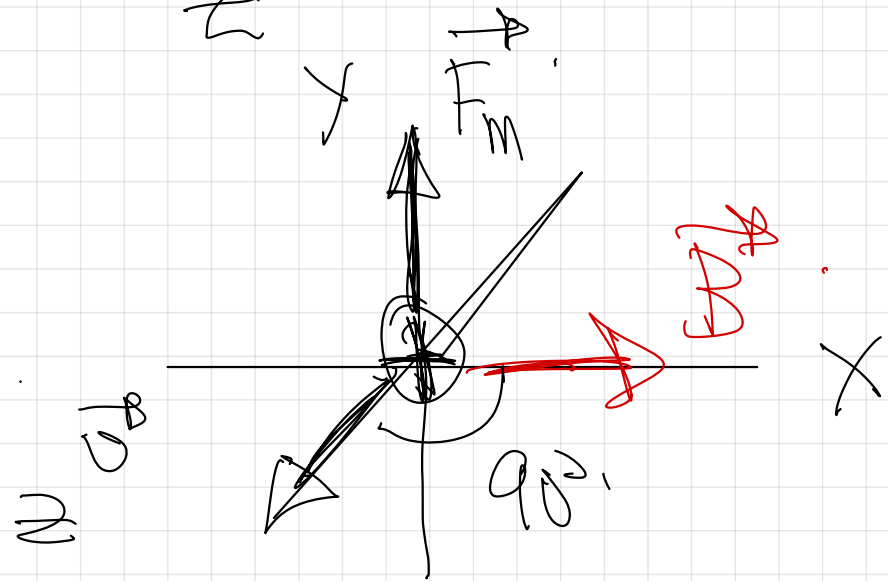
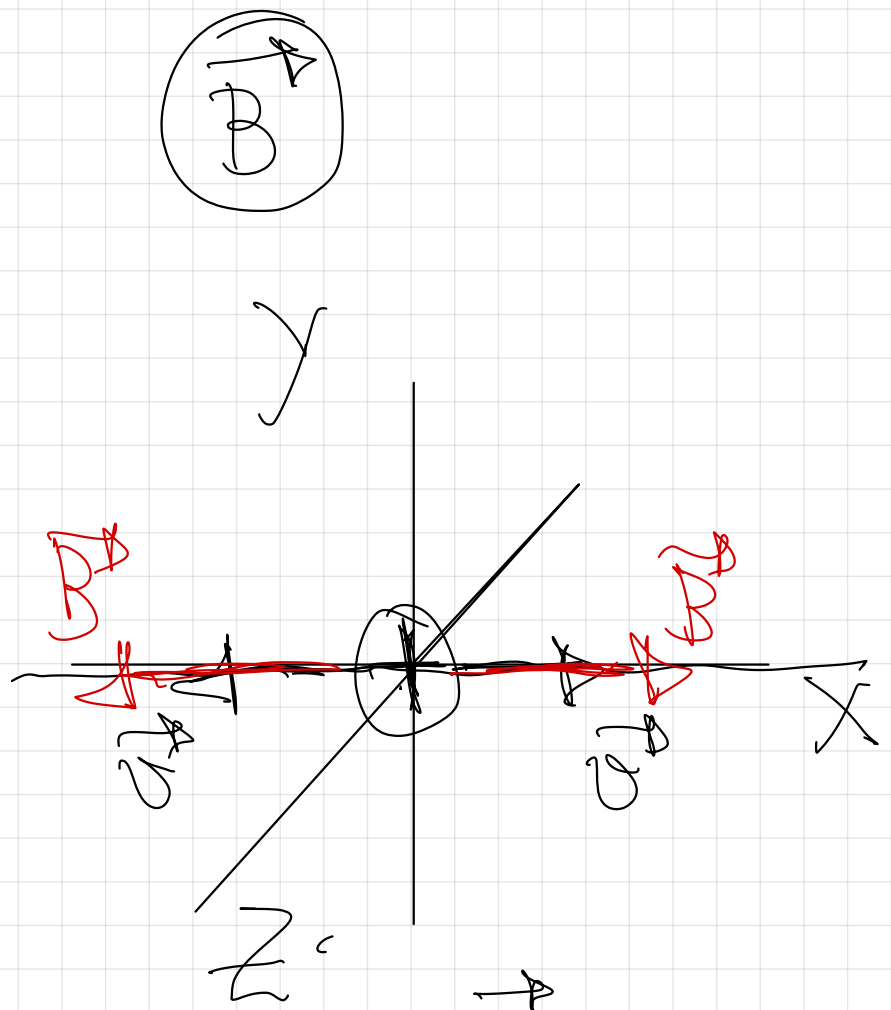
$$2 \cancel{\text{ eV}} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \cancel{\text{ eV}}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

90

(00-R) Para caracterizar el campo magnético uniforme que existe en una región se utiliza un haz de protones con una velocidad de  $5 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$ . Si se lanza el haz en la dirección del eje **X**, la trayectoria de los protones es rectilínea, pero si se lanza en el sentido positivo del eje **Z**, actúa sobre los protones una fuerza de  $10^{-14} \text{ N}$  dirigida en el sentido positivo del eje **Y**.

- Determine, razonadamente, el campo magnético (módulo, dirección y sentido).
- Describa, sin necesidad de hacer cálculos, cómo se modificaría la fuerza magnética y la trayectoria de las partículas si en lugar de protones se lanzaran electrones con la misma velocidad.

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$



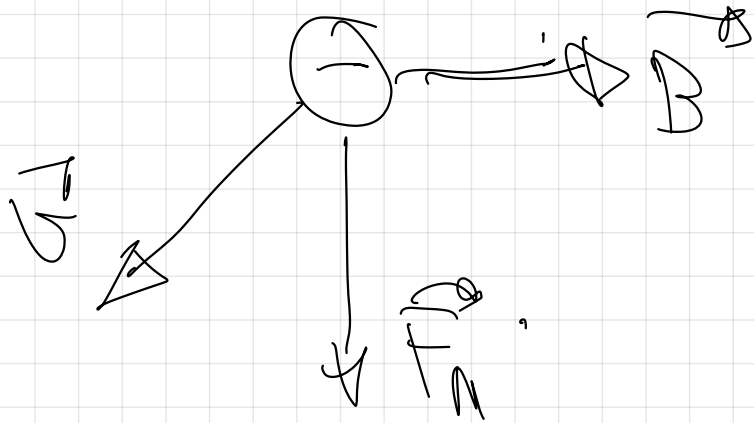
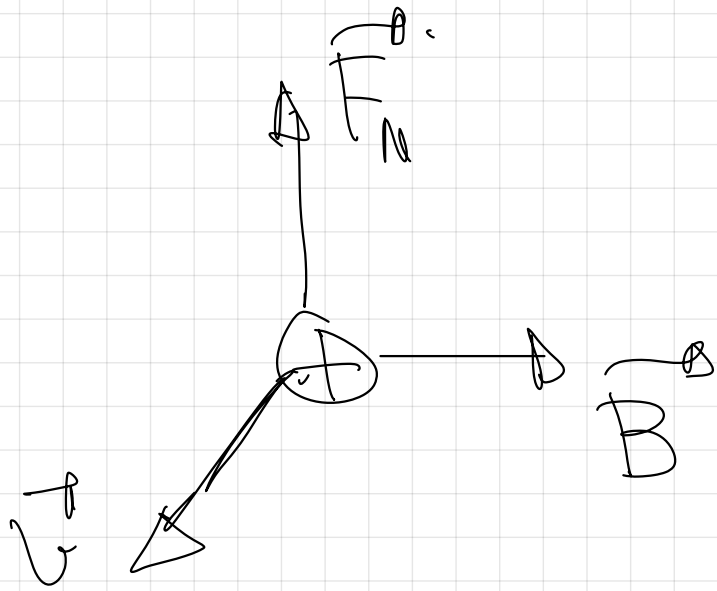
Si la trayectoria es  
rectilínea,  $F_m = 0$ .

ley de Lorentz  
 $F_m = q \cdot v - B$ , ~~sen  $\alpha = 0^\circ$~~

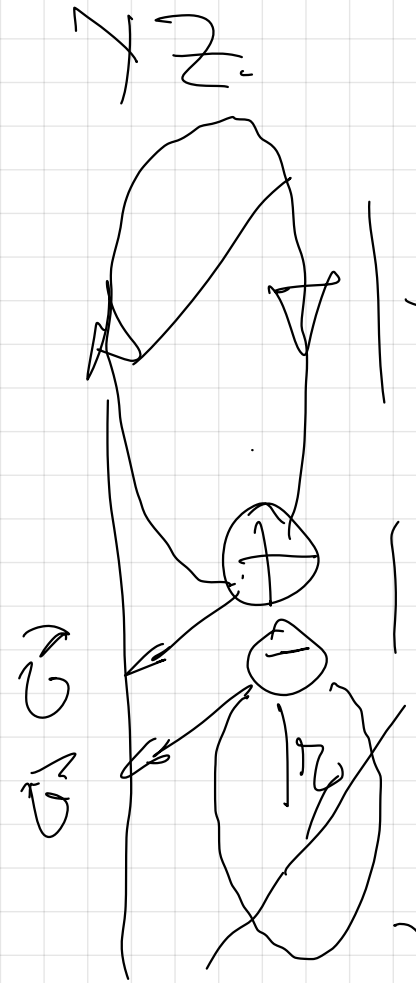
$$\alpha = \begin{matrix} 0^\circ \\ 180^\circ \end{matrix}$$

$F_m = q \cdot v - B$ , ~~sen  $\alpha = 0^\circ$~~

$$B = \frac{F_m}{q \cdot v} = 0,125 T$$



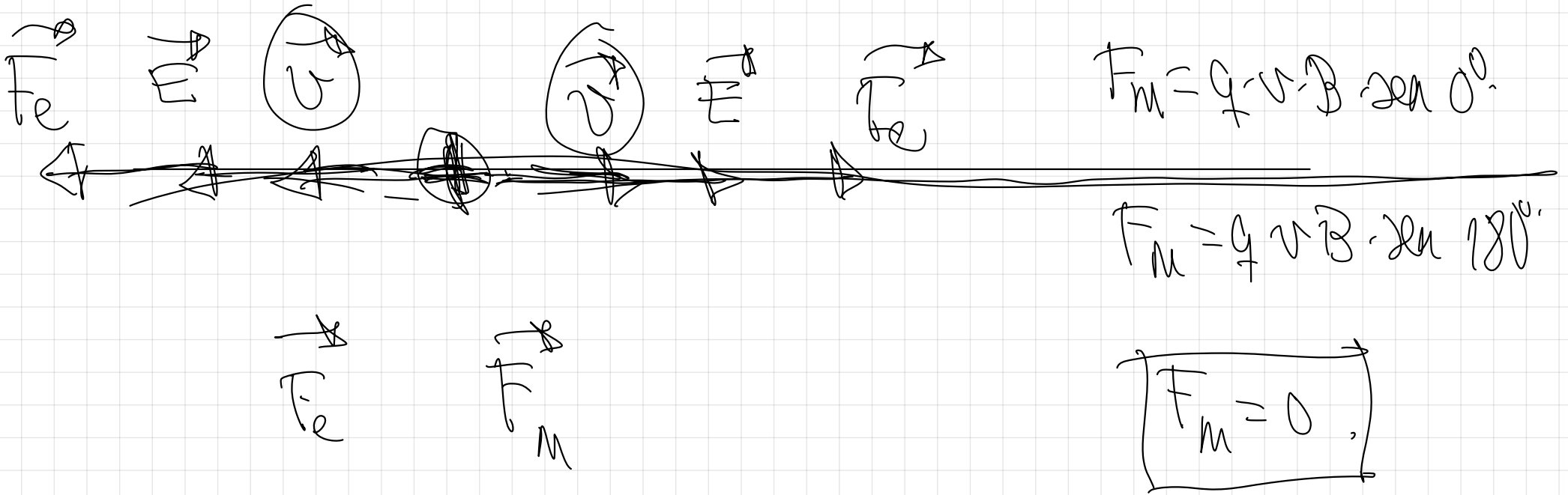
Trajectory en el plano

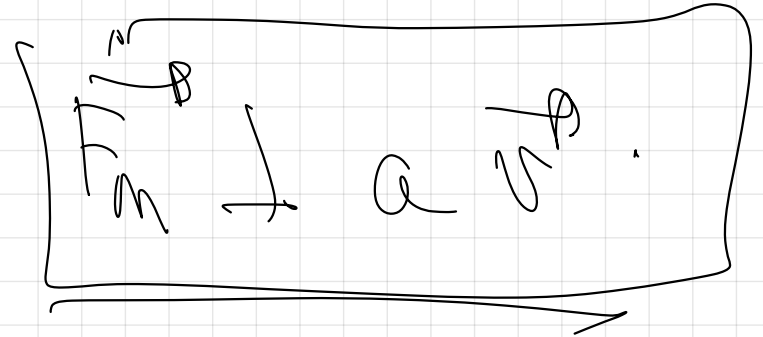
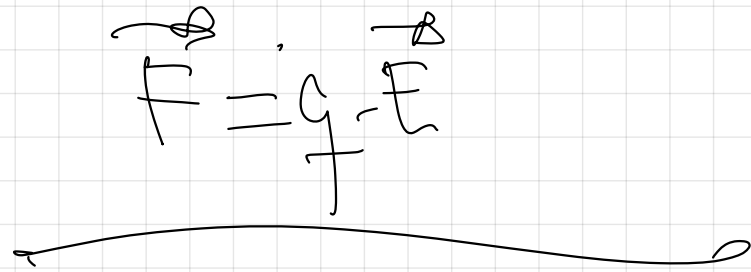
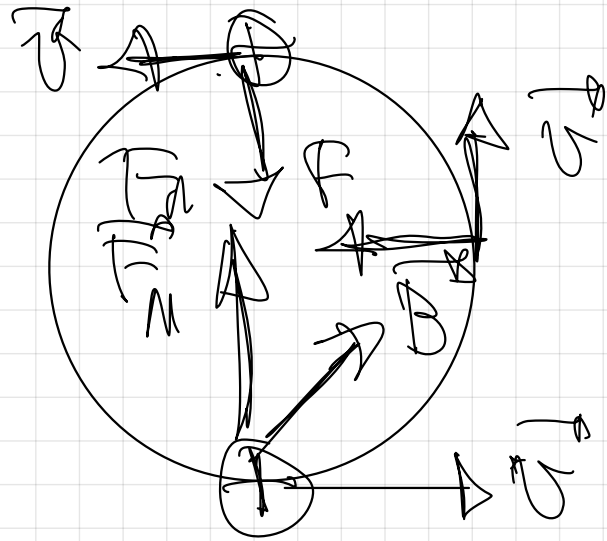
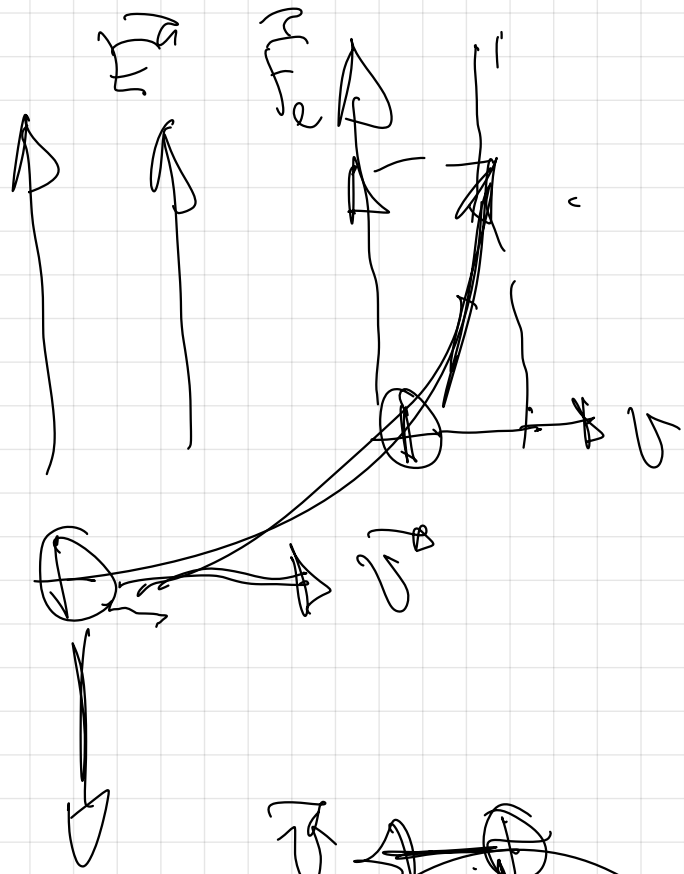


El radio es  
mayor.

48

- (09-R) a) Razone cómo podría averiguar con ayuda de una carga si en una región del espacio hay un campo eléctrico o un campo magnético  
 b) Un haz de protones atraviesa sin desviarse una zona en la que existen un campo eléctrico y otro magnético. Razone qué condiciones deben cumplir esos campos.



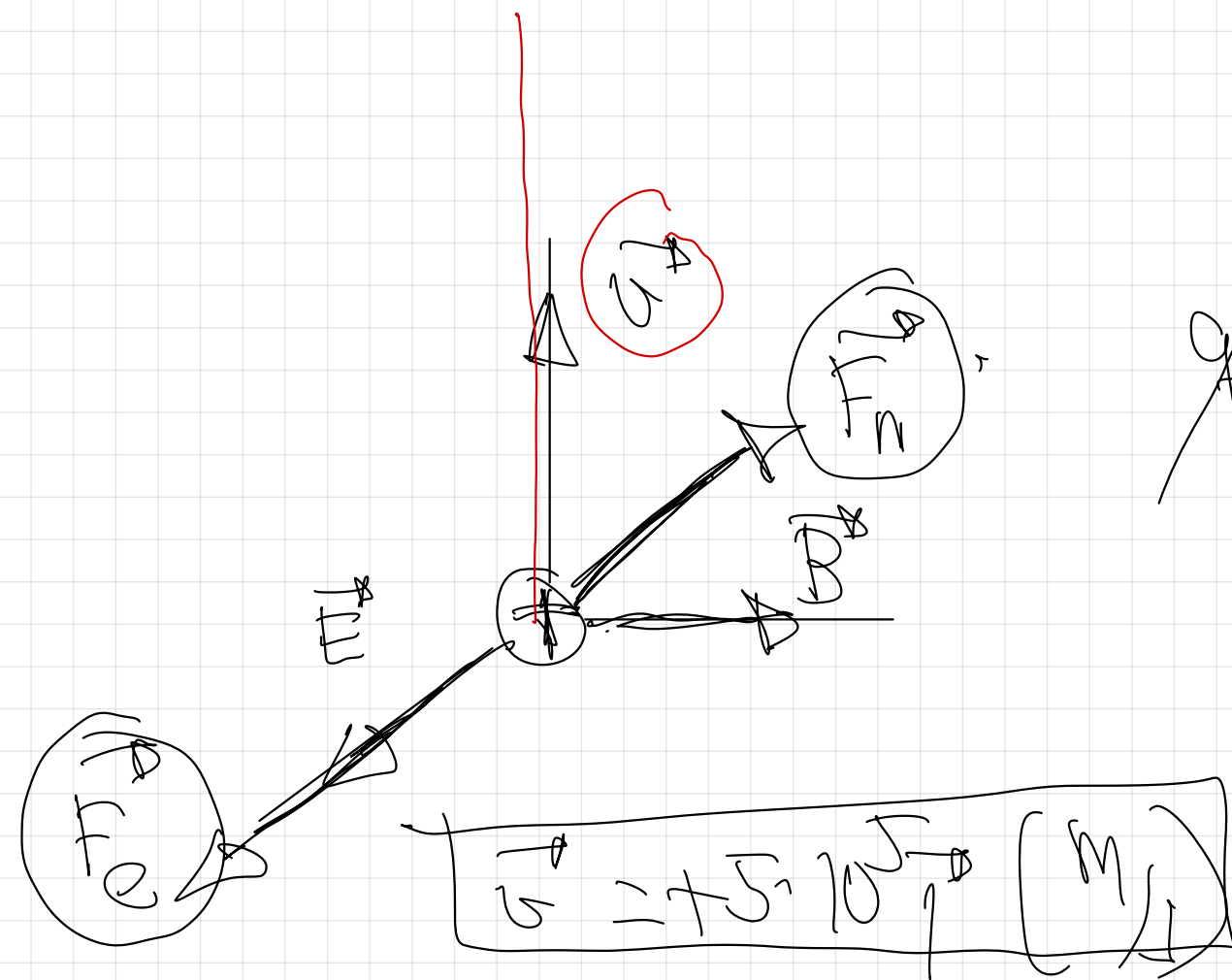


Campo magnetico

12

(01-E) Un protón se mueve en el sentido positivo del eje OY en una región donde existe un campo eléctrico de  $3 \cdot 10^5 \text{ N C}^{-1}$  en el sentido positivo del eje OZ y un campo magnético de  $0,6 \text{ T}$  en el sentido positivo del eje OX.

- Dibuje un esquema de las fuerzas que actúan sobre la partícula y razone en qué condiciones la partícula no se desvía.
- Si un electrón se moviera en el sentido positivo del eje OY con una velocidad de  $10^3 \text{ m s}^{-1}$ , ¿sería desviado? Explíquelo.

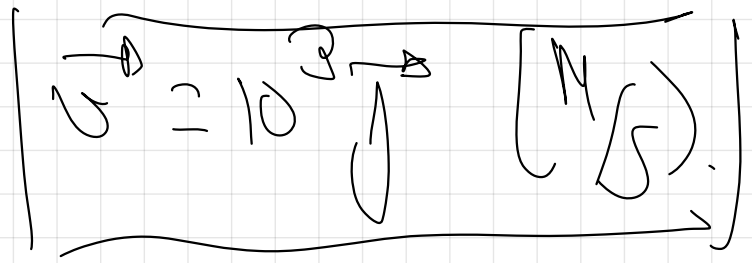
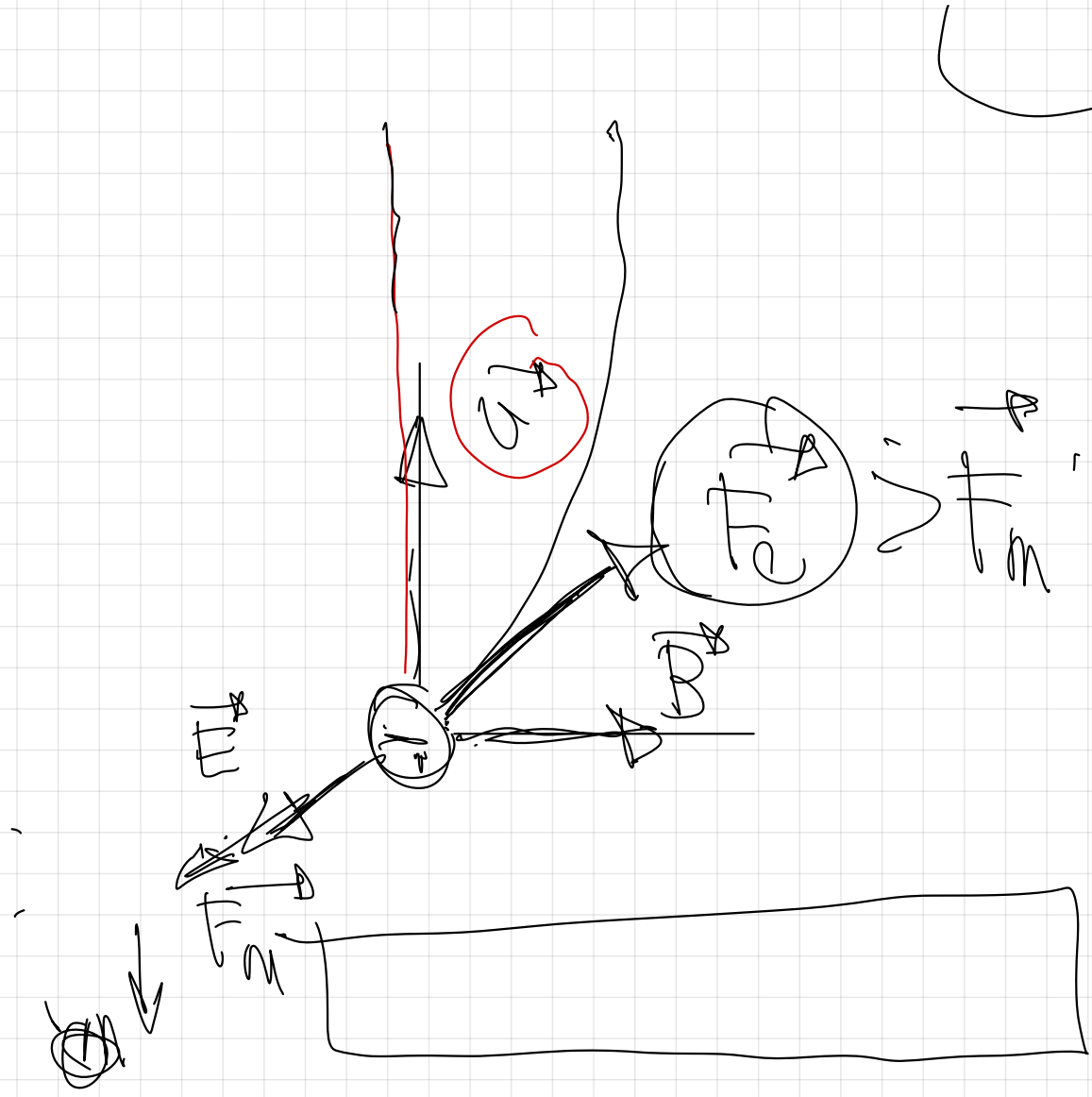


$$|F_m| = |F_e|$$

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

$$v = \frac{F_e}{B} = \frac{3 \cdot 10^5 \text{ N/C}}{0.6 \text{ T}}$$

$$v = 5 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$



$$F_m = G \cdot E$$

$$F_m = G \cdot E \text{ and } \alpha = \frac{G \cdot E}{F}$$

138

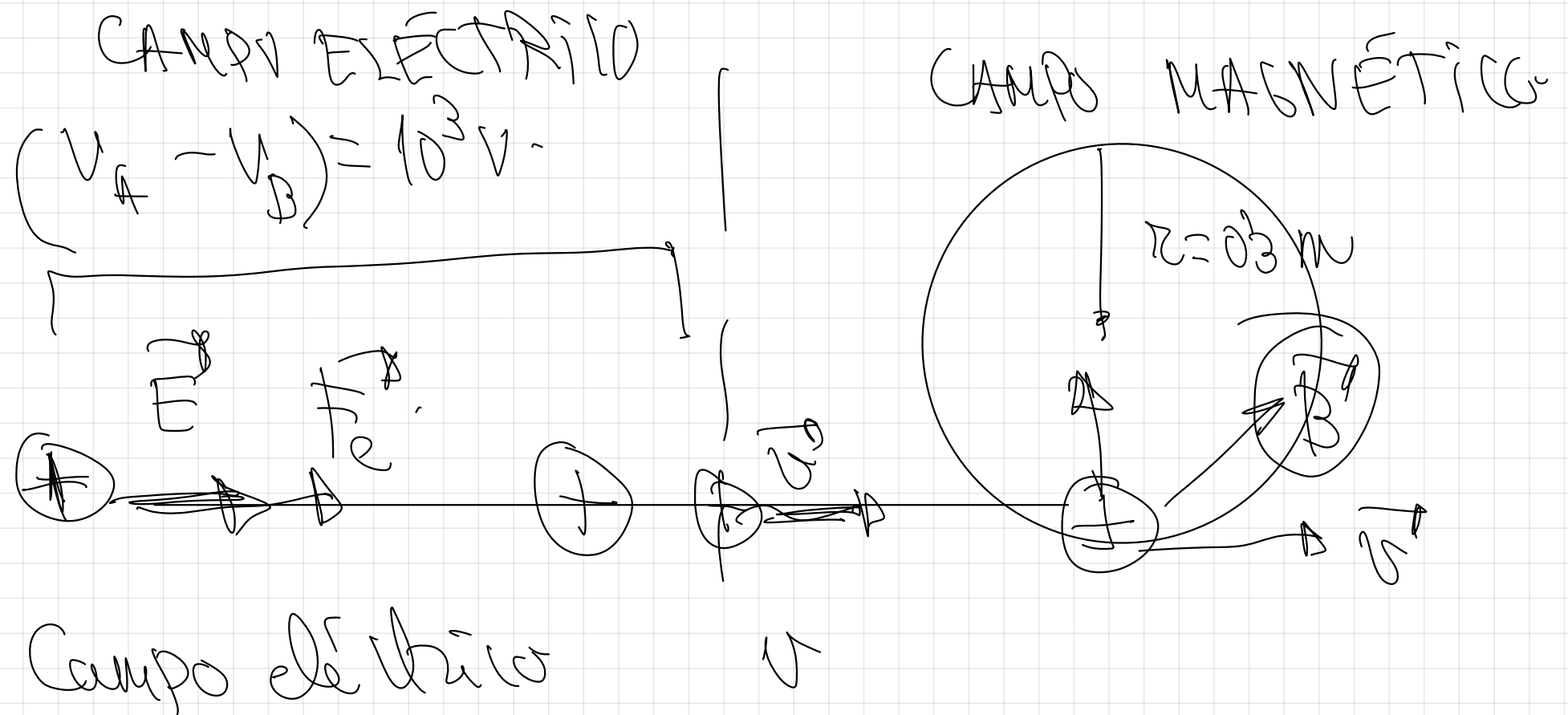
(13-R) Un protón, inicialmente en reposo, se acelera bajo una diferencia de potencial de  $10^3$  V. A continuación, entra en un campo magnético uniforme, perpendicular a la velocidad, y describe una trayectoria circular de 0,3 m de radio.

a) Dibuje en un esquema la trayectoria del protón, indicando las fuerzas que actúan sobre él en cada etapa y calcule el valor de la intensidad del campo magnético.

b) Si con la misma diferencia de potencial se acelerara un electrón, determine el campo magnético (módulo, dirección y sentido) que habría que aplicar para que el electrón describiera una trayectoria idéntica a la del protón y en el mismo sentido.

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

B

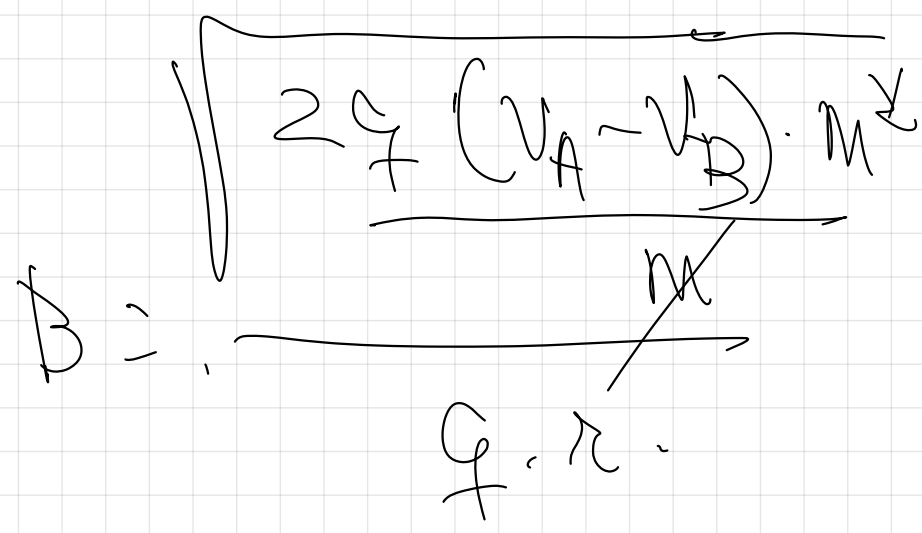
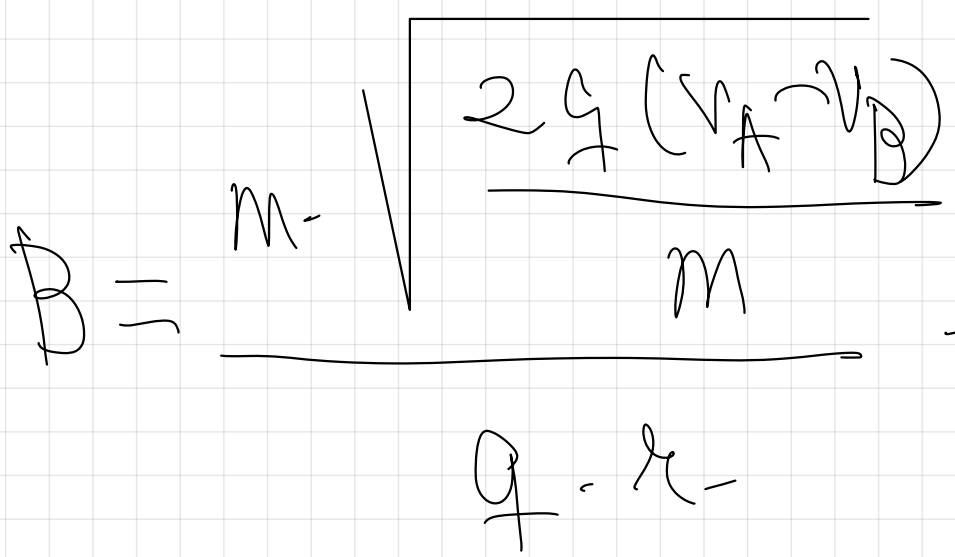
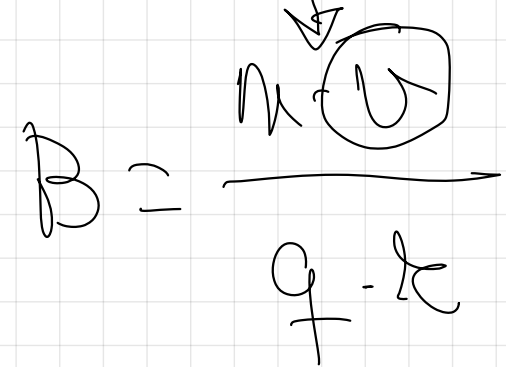
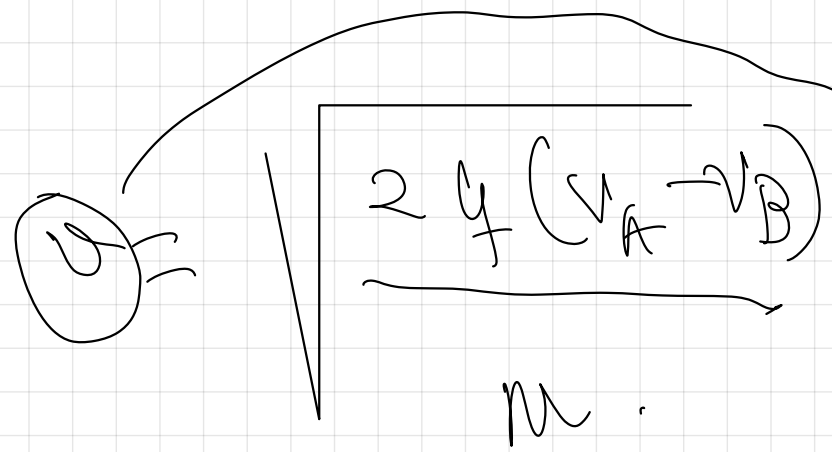


$$W_{A \rightarrow B} = \Delta E_{A \rightarrow B}$$

$$F \cdot (v_A - v_B) = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m v_{\text{or}}^2$$

$$F_a = F_a$$

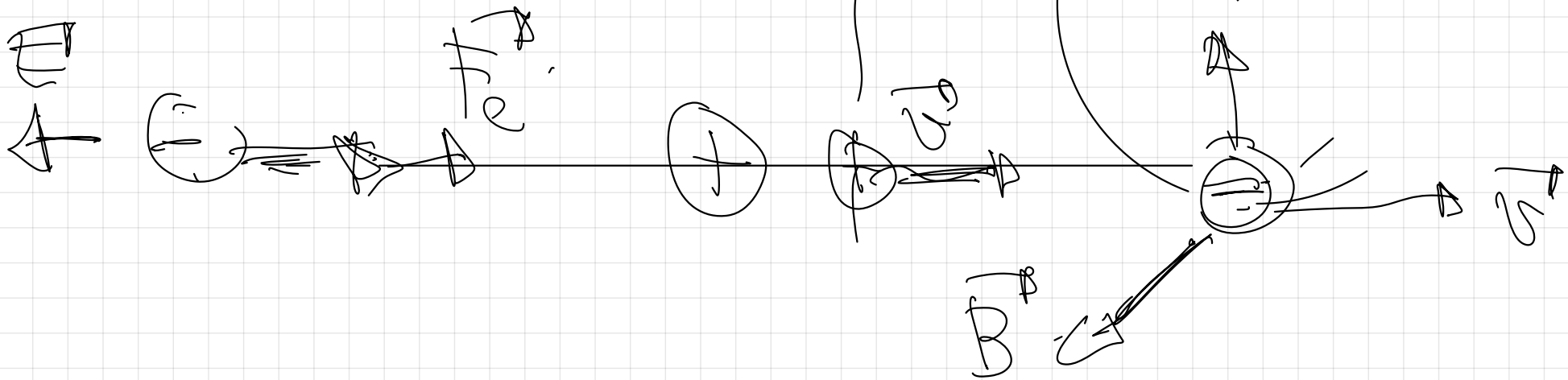
$$F \cdot (v_B) \text{ or } q_0 = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

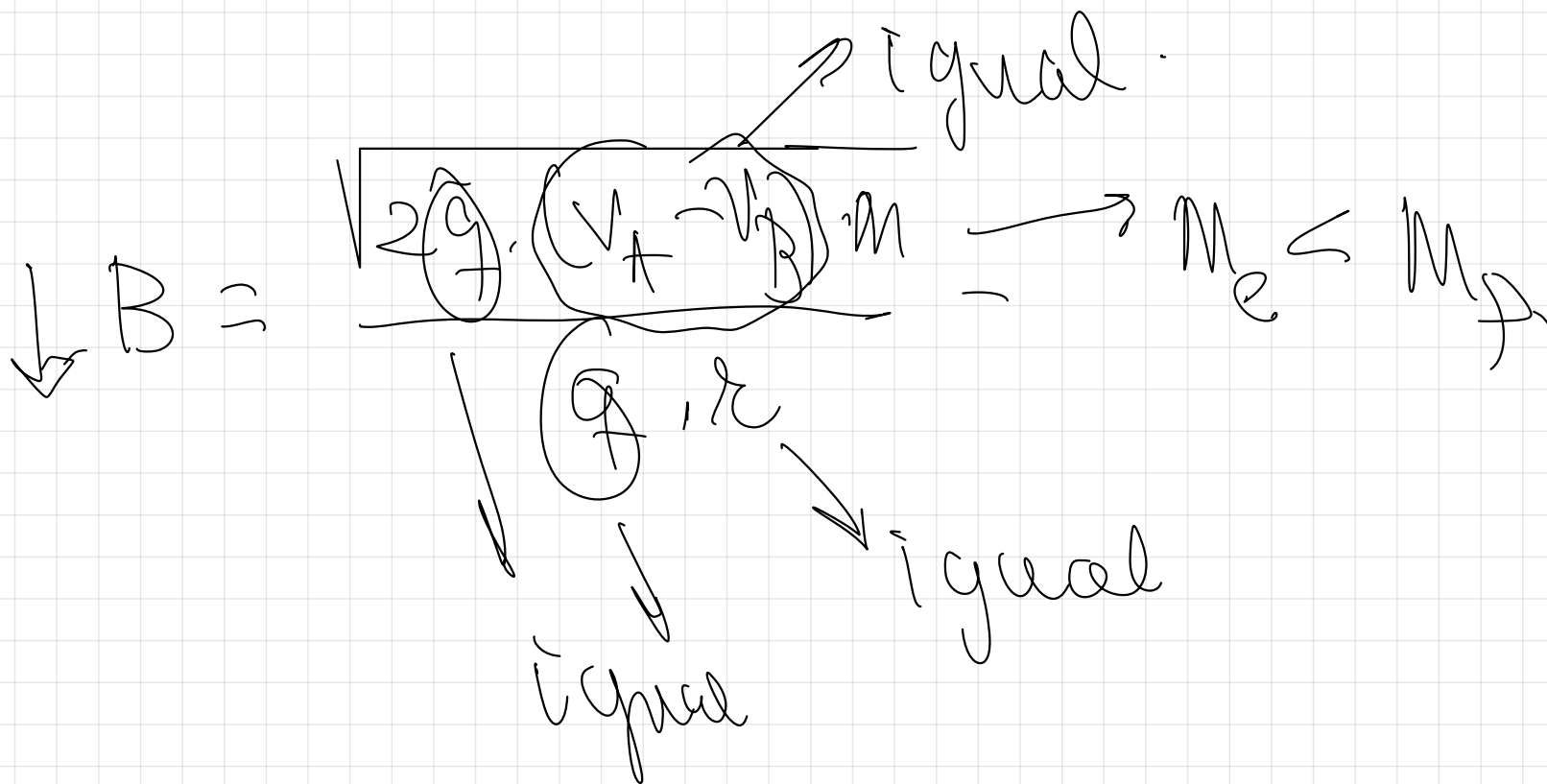


$$B = \frac{\sqrt{2q \cdot (V_A - V_B) m}}{q \cdot r} = 0.015 \text{ T}$$

CAMPO ELÉCTRICO

$$(V_A - V_B) = -10^3 \text{ V}$$

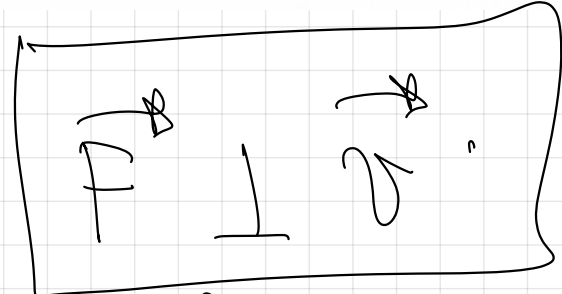
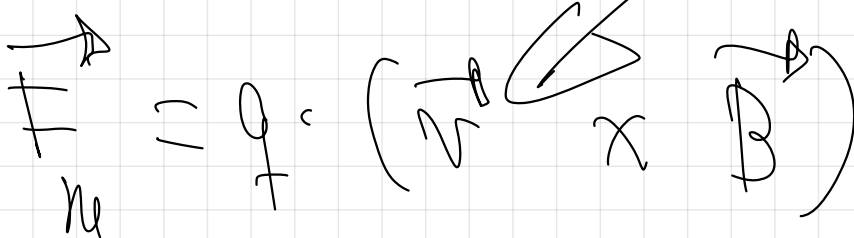




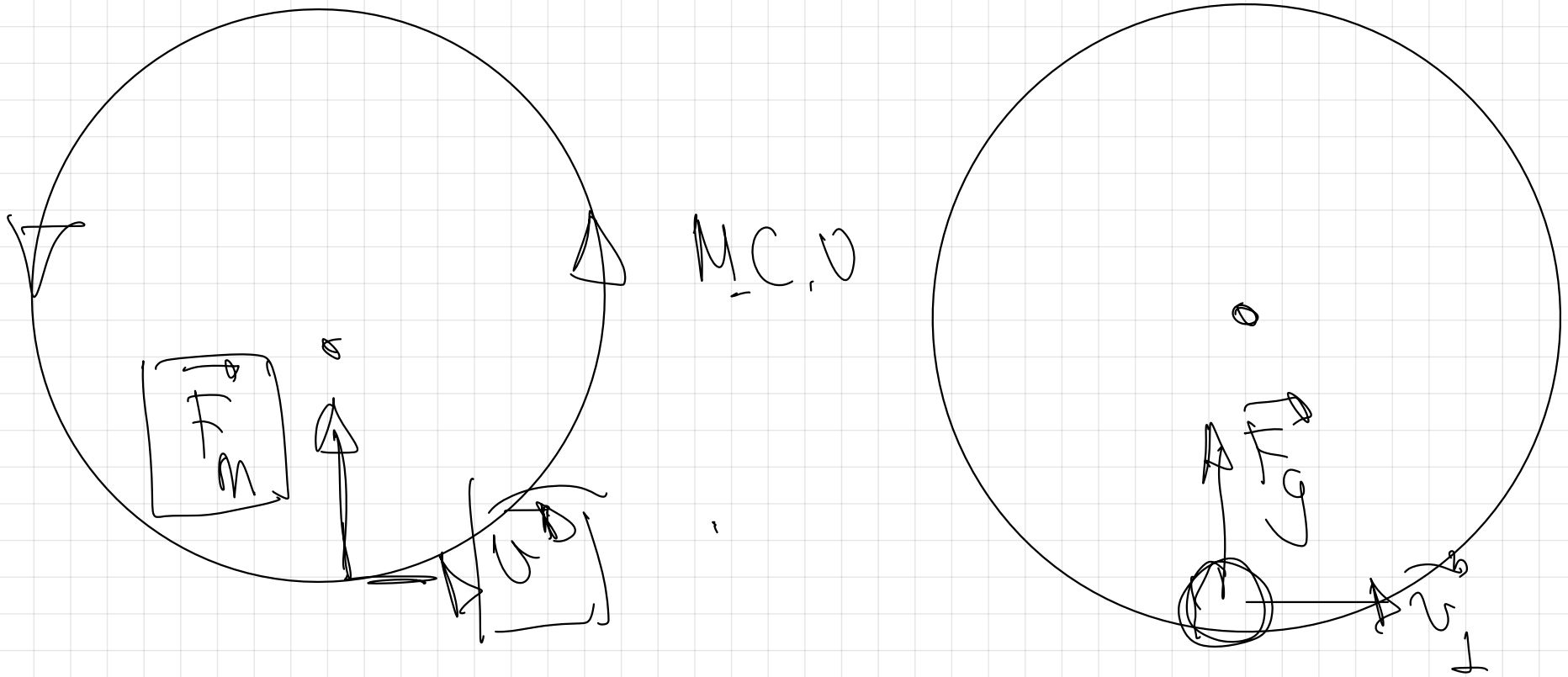
57

(12-R) a) Fuerza magnética sobre una carga en movimiento; ley de Lorentz.

b) Si la fuerza magnética sobre una partícula cargada no realiza trabajo, ¿cómo puede tener algún efecto sobre el movimiento de la partícula? ¿Conoce otros ejemplos de fuerzas que no realizan trabajo pero tienen un efecto significativo sobre el movimiento de las partículas? Justifique las respuestas.



$$W = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ = 0$$

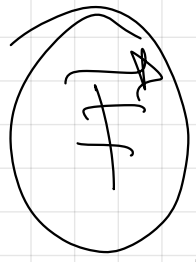


respuesta.

67

(14-E) a) Escriba la ley de Lorentz y explique las características de la fuerza magnética sobre una carga en movimiento.

b) Razone si es verdadera o falsa la siguiente afirmación: “La energía cinética de una partícula cargada que se mueve en un campo eléctrico no puede ser constante, pero si se moviera en un campo magnético sí podría permanecer constante”.

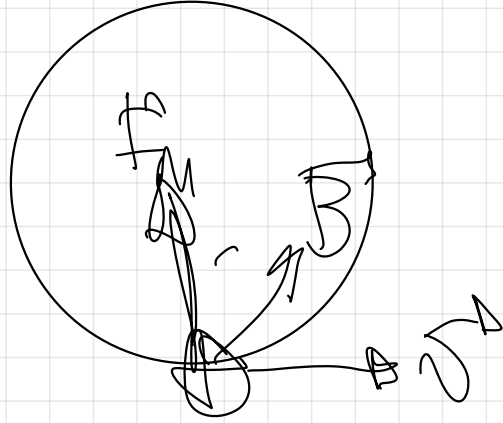


$\parallel$   
 $\frac{F}{m}$   $\frac{F}{m}$

2<sup>nd</sup> leg Newton  
 $\parallel$   $m \cdot a$

$F_c$  bank

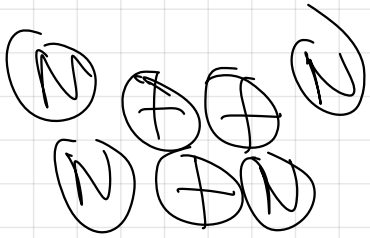
$\frac{F}{m}$



$\frac{F}{m} \parallel a$

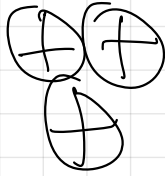


$^3_2\text{He}$



$^7_3\text{Li}$

$^4_2\text{He}$



$^4_2\text{He}$

i sistema.

$Z=3.$

Deutero

$\begin{matrix} 2 \\ 1 \end{matrix} H^+$

$\oplus \mathbb{N}$

$\cdot \mathbb{Q} \cong \mathbb{U}$

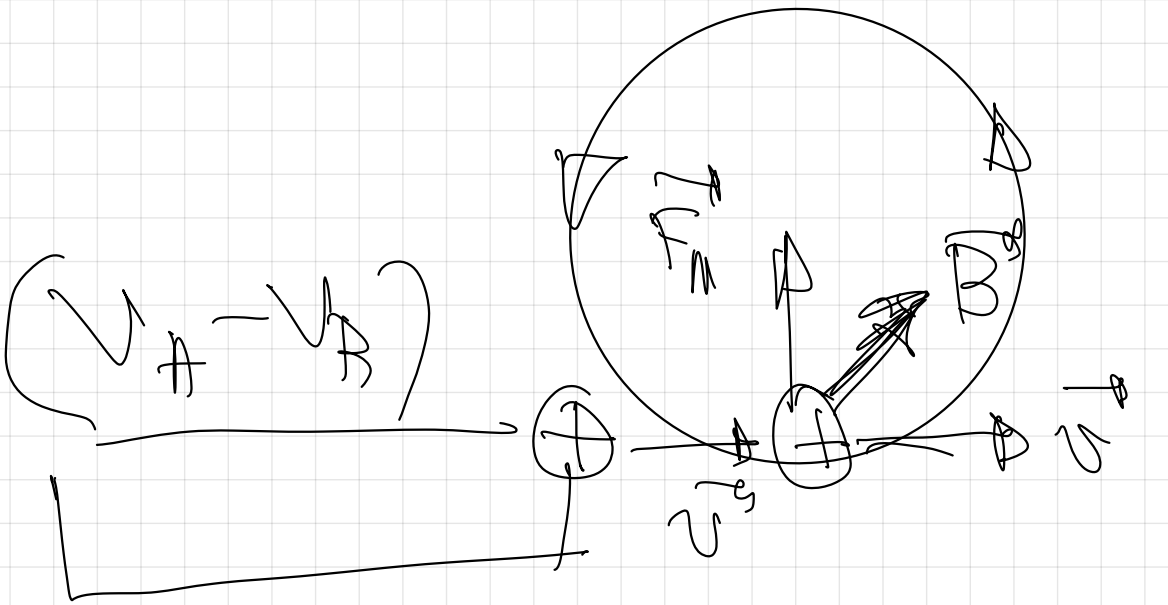
144

15-E) Un deuterón, isótopo del hidrógeno, recorre una trayectoria circular de radio 4 cm en un campo magnético uniforme de 0,2 T. Calcule:

a) la velocidad del deuterón y la diferencia de potencial necesaria para acelerarlo desde el reposo hasta esa velocidad.

b) el tiempo en que efectúa una semirevolución.

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $m_{\text{deuterón}} = 3,34 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$



$$F_m = F_n$$

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

$$v = \frac{q \cdot B \cdot r}{m} = 3,83 \cdot 10^5 \text{ m/s}$$

$$W_{A \rightarrow B} = q \cdot (V_A - V_B) = \Delta E_{A \rightarrow B}$$

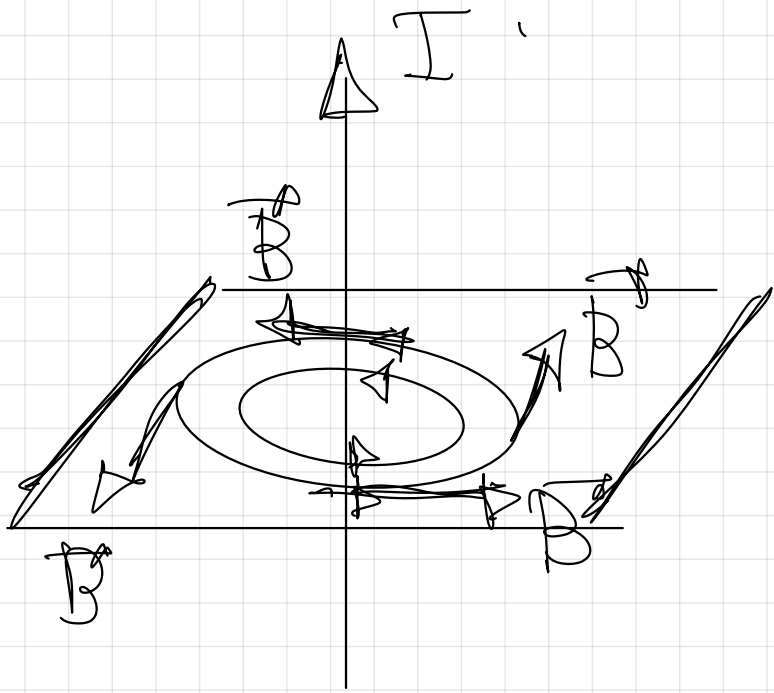
$$q \cdot B = m \cdot \frac{2\pi}{T}$$

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

$$\textcircled{1} = \frac{N \cdot 2\pi}{\lambda \cdot B}$$

$$(V_A - V_B) = \left[ \frac{m \cdot v^2}{2q} \right]$$

$$\frac{1}{2} = 0,$$



$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

21.- Dos conductores fijos, rectilíneos y paralelos de gran longitud A y C distan entre si 10 cm. Por el conductor A circula una corriente de 10 A y por el conductor C una corriente de 15 A en el mismo sentido (hacia arriba) que la anterior. Hallar la inducción magnética en los siguientes puntos:

a) En  $P_1$ , situado a 5 cm de A y 15 cm de C

b) En  $P_2$  equidistante de los dos conductores

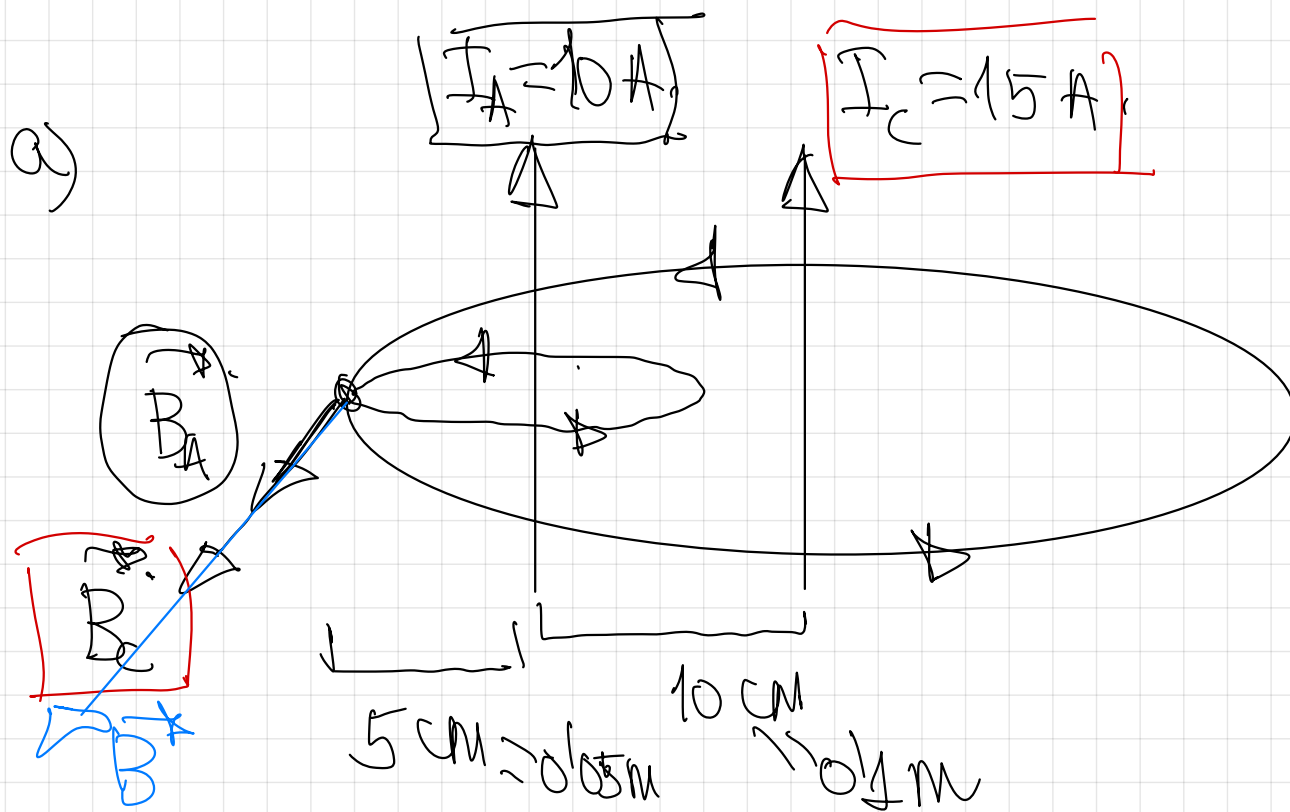
c) En  $P_3$  a 15 cm de A y a 5 cm de C

d) Repetir los apartados a), b) y c) suponiendo que circulase la misma intensidad de corriente por el conductor C, pero de sentido contrario

Dato:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$

campo magnético  $\vec{B}$

pag 98



$$B_A = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2\pi \cdot 0.05}$$

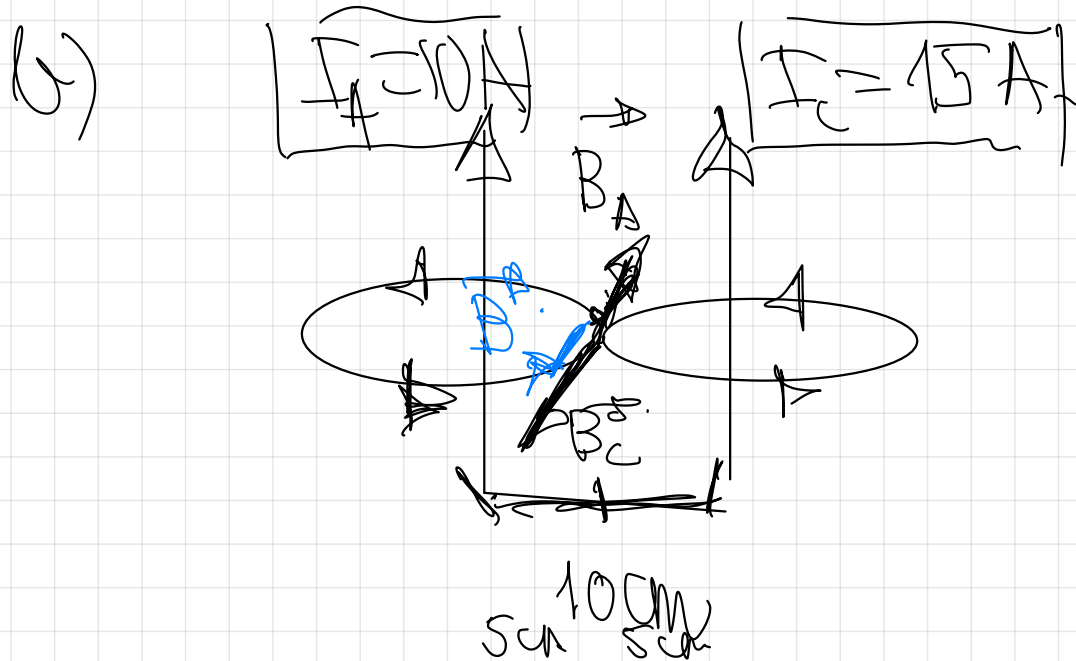
$$B_A = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_A = 4 \cdot 10^{-5} \text{ k (T)}$$

$$B_c = \frac{\mu_0 I_c}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 15}{2\pi \cdot 0.15} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$\vec{B}_c = +2 \cdot 10^{-5} \text{ T} \hat{x}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_A + \vec{B}_c = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T} \hat{x} + 2 \cdot 10^{-5} \text{ T} \hat{x} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ T} \hat{x}$$



$$B_A = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2\pi \cdot 0.05}$$

$$B_A = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

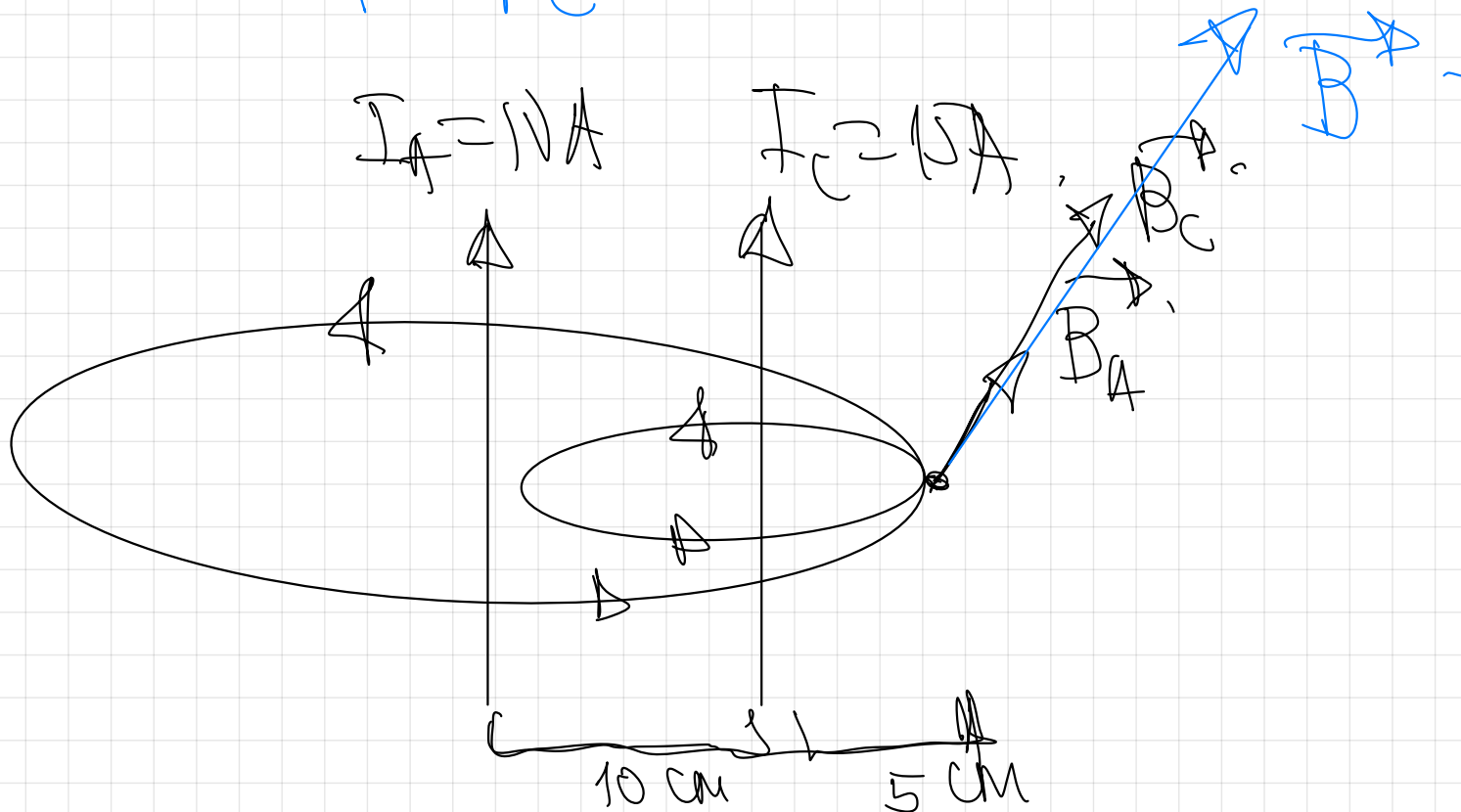
$$\vec{B}_A = +4 \cdot 10^{-5} \text{ T} \hat{x}$$

$$B_C = \frac{\mu_0 I_C}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 15}{2\pi \cdot 0.05} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_C = 6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$|B| = |B_C| - |B_A| = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T saliente}$$

$$B = B_A + B_C = -4 \cdot 10^{-5} \text{ T} + 6 \cdot 10^{-5} \text{ T} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$



$$B_A = \frac{\mu_0 I_A}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2\pi \cdot 0,15} = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$\vec{B}_A = -1,33 \cdot 10^{-5} \vec{k} \text{ (T)}$$

$$B_C = \frac{\mu_0 I_C}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 15}{2\pi \cdot 0,05} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

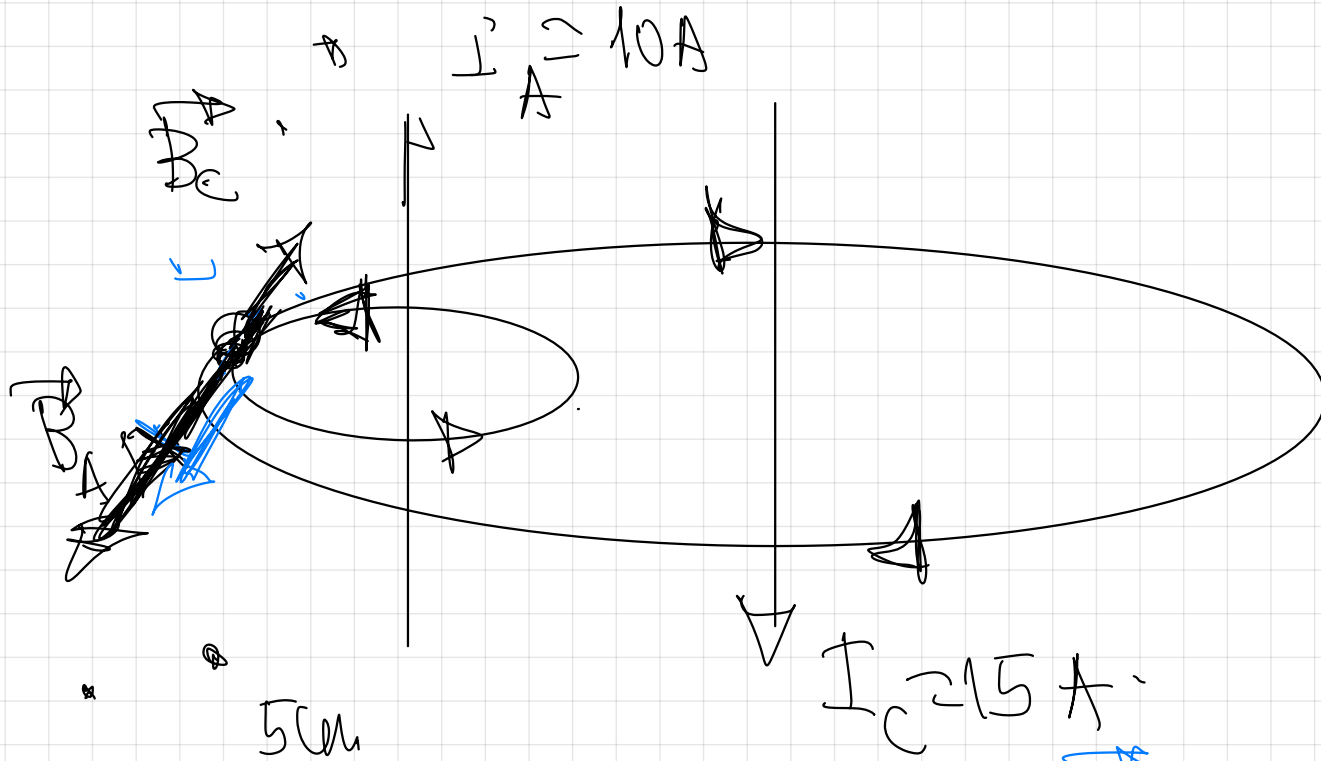
$$\vec{B}_C = 6 \cdot 10^{-5} \vec{k} \text{ (T)}$$

$$|\vec{B}| = |\vec{B}_A| + |\vec{B}_C| = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ T} + 6 \cdot 10^{-5} \text{ T} = 7,33 \cdot 10^{-5} \text{ T} \text{ sentido entrante.}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_A + \vec{B}_C = -1,33 \cdot 10^{-5} \vec{k} + 6 \cdot 10^{-5} \vec{k} =$$

$$\vec{B} = 7/33 \cdot 10^{-5} \vec{k} \text{ (T)}$$

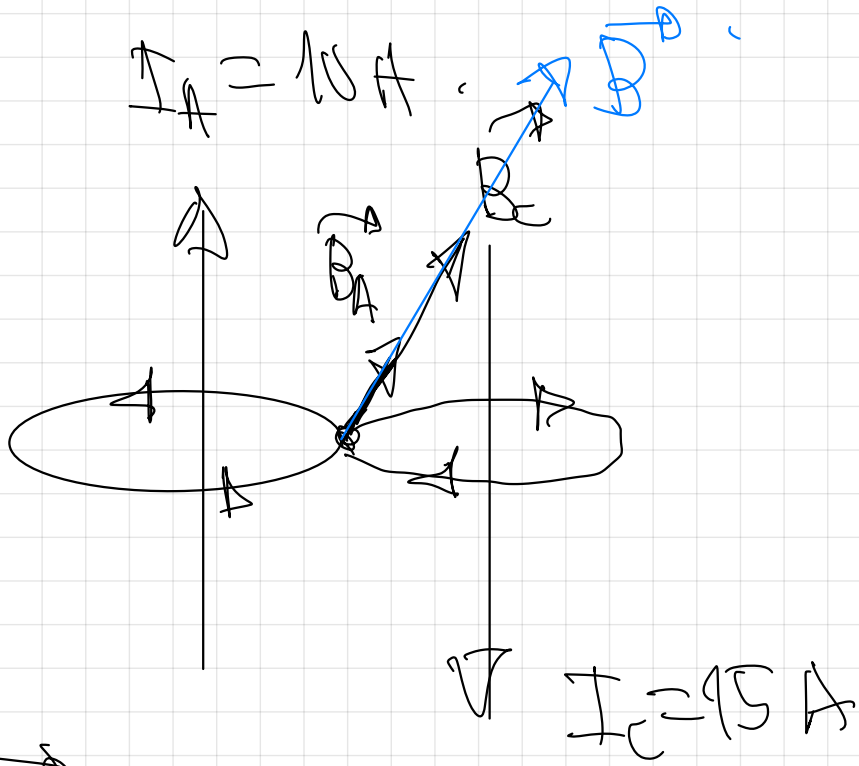
d)



$$\vec{B}_A = 4 \cdot 10^{-5} \vec{k} \text{ (T)}$$

$$\vec{B}_C = 2 \cdot 10^{-5} \vec{k} \text{ (T)}$$

$$\vec{B} = \vec{B}_A + \vec{B}_C = 6 \cdot 10^{-5} \vec{k} \text{ (T)}$$



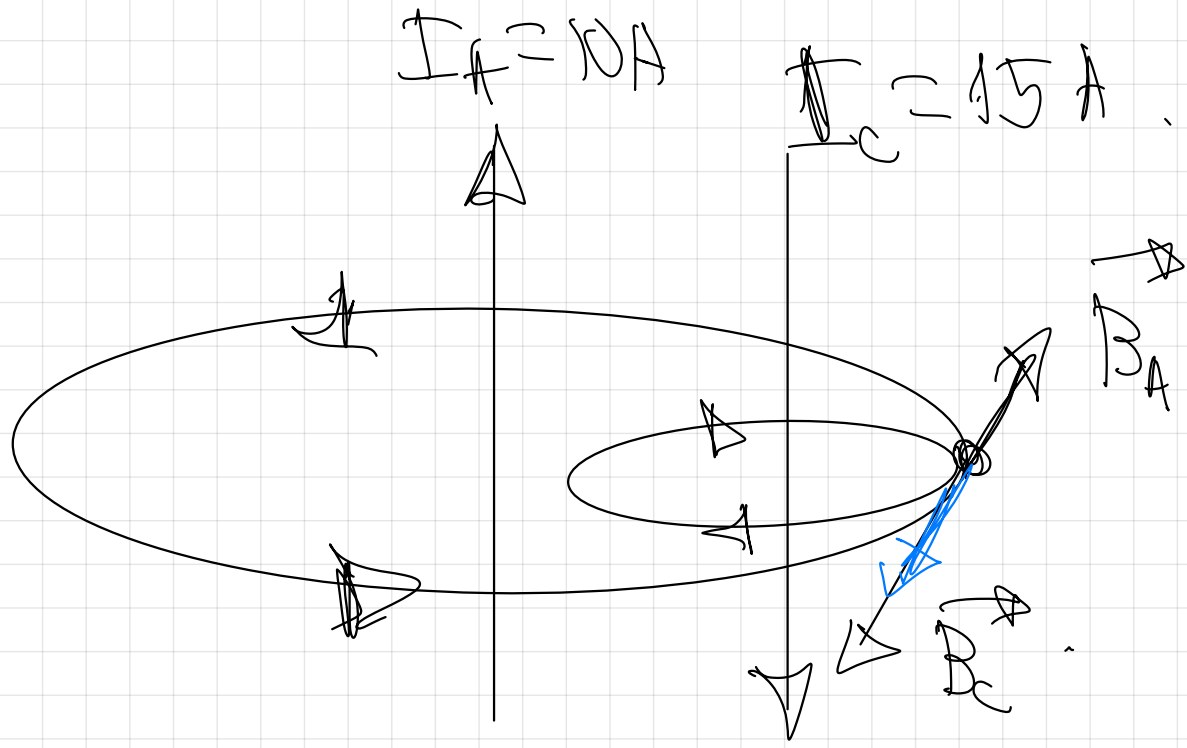
$$B_A = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_C = 6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$B = B_A + B_C$$

$$B = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T} + 6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$B = 10^{-4} \text{ T}$$



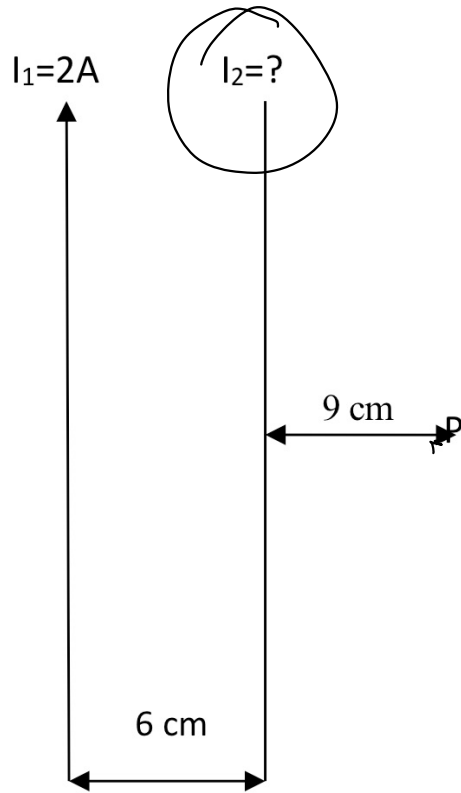
$$\vec{B}_A = -1.33 \cdot 10^{-5} \vec{e}_z \text{ (T)}$$

$$\vec{B}_C = +6 \cdot 10^{-5} \vec{e}_z \text{ (T)}$$

$$\vec{B}_P = \vec{B}_A + \vec{B}_C$$

$$\vec{B}_P = 4.67 \cdot 10^{-5} \vec{e}_z \text{ (T)}$$

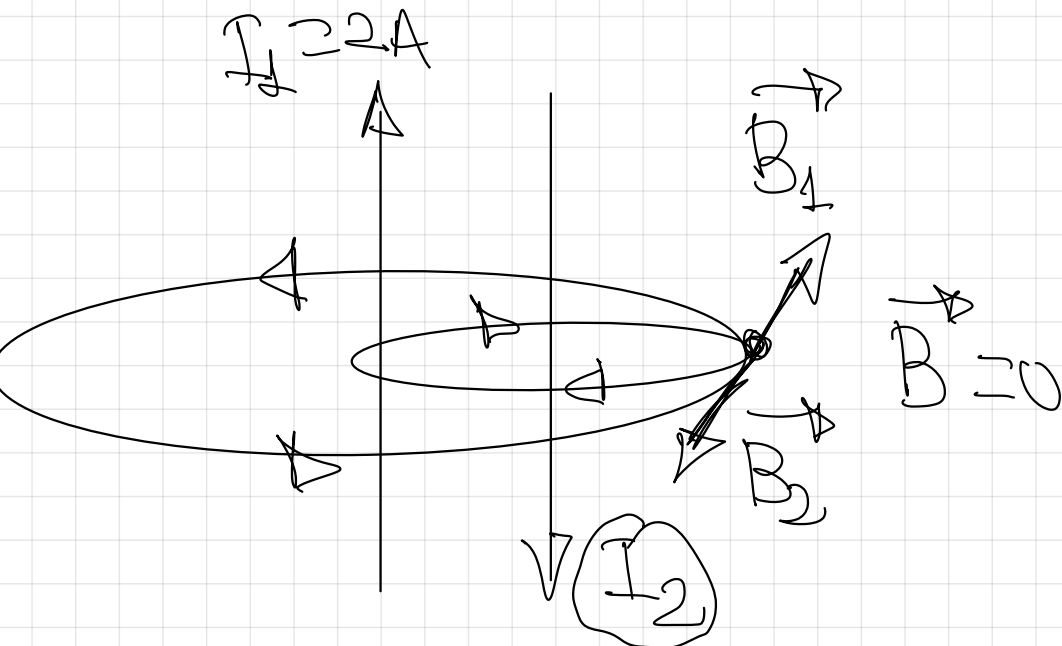
23.-



Por los dos largos hilos rectilíneos y paralelos de la figura, separados 6 cm, circulan sendas corrientes, cuyas intensidades respectivas son  $I_1$  e  $I_2$ . Si  $I_1=2A$  en el sentido indicado, calcula el valor de  $I_2$  y el sentido de la misma para que el campo magnético en P sea nulo.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$$

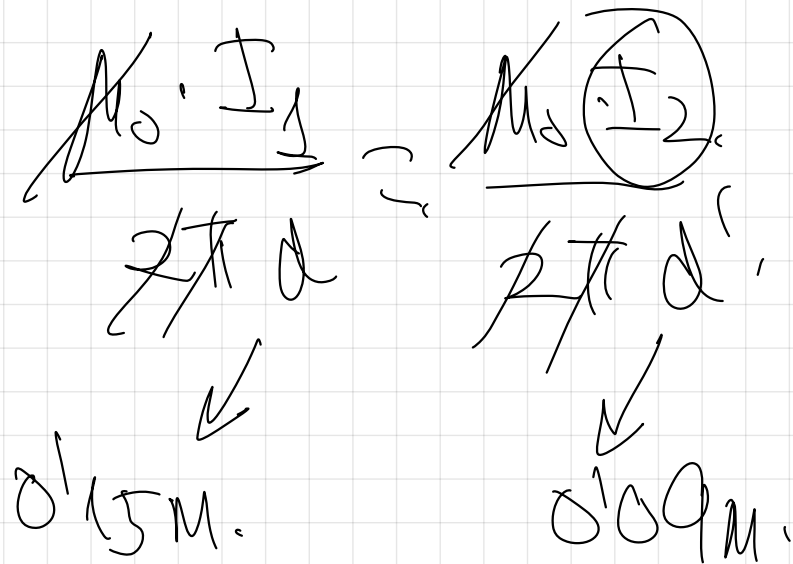
pag 98



$I_2$  que cumple esa condición verifica que  $|B_1| = |B_2|$ .

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{d_1}{d} = 2 \cdot \frac{0,09}{0,15} = 1,2 \text{ A}$$

en el  
sentido  
indicado.

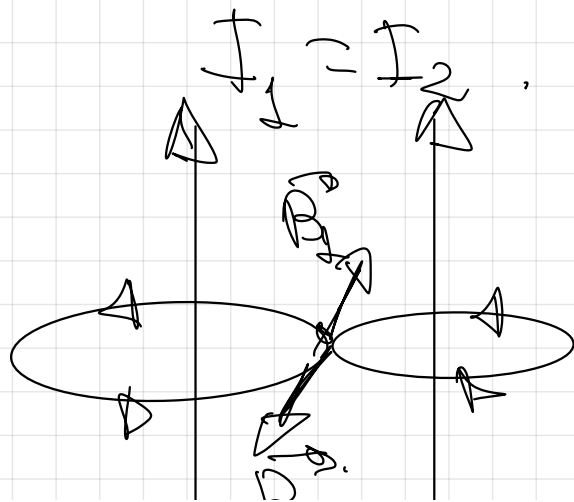


Dato:  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T m/A}$

**22.-** Por dos conductores rectilíneos e indefinidos, dispuestos paralelamente, circulan corrientes eléctricas de la misma intensidad y sentido

a) Dibuje un esquema, indicando la dirección y el sentido del campo magnético debido a cada corriente y del campo magnético total en el punto medio de un segmento que una a los dos conductores

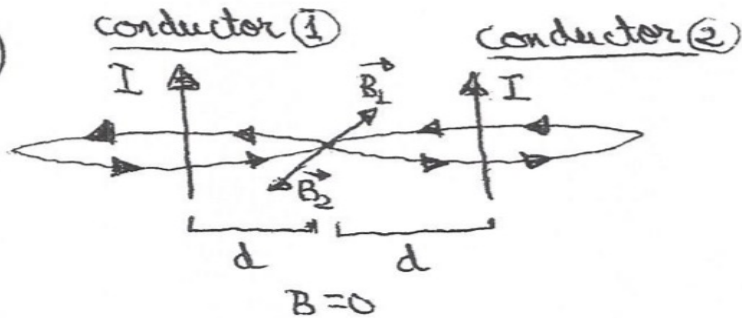
b) ¿Cómo cambiaría la situación al duplicar una de las intensidades?



$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$$

22

a)

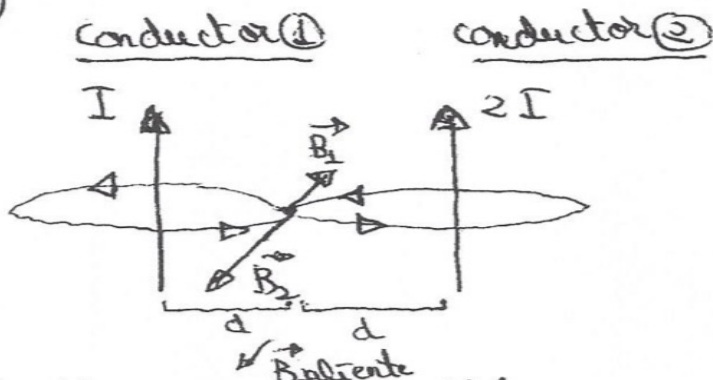


Se la I es la misma

$$|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d}$$

$B=0 \Rightarrow$  Ya que se trata de dos vectores con el mismo módulo, la misma dirección y sentido contrario

b)



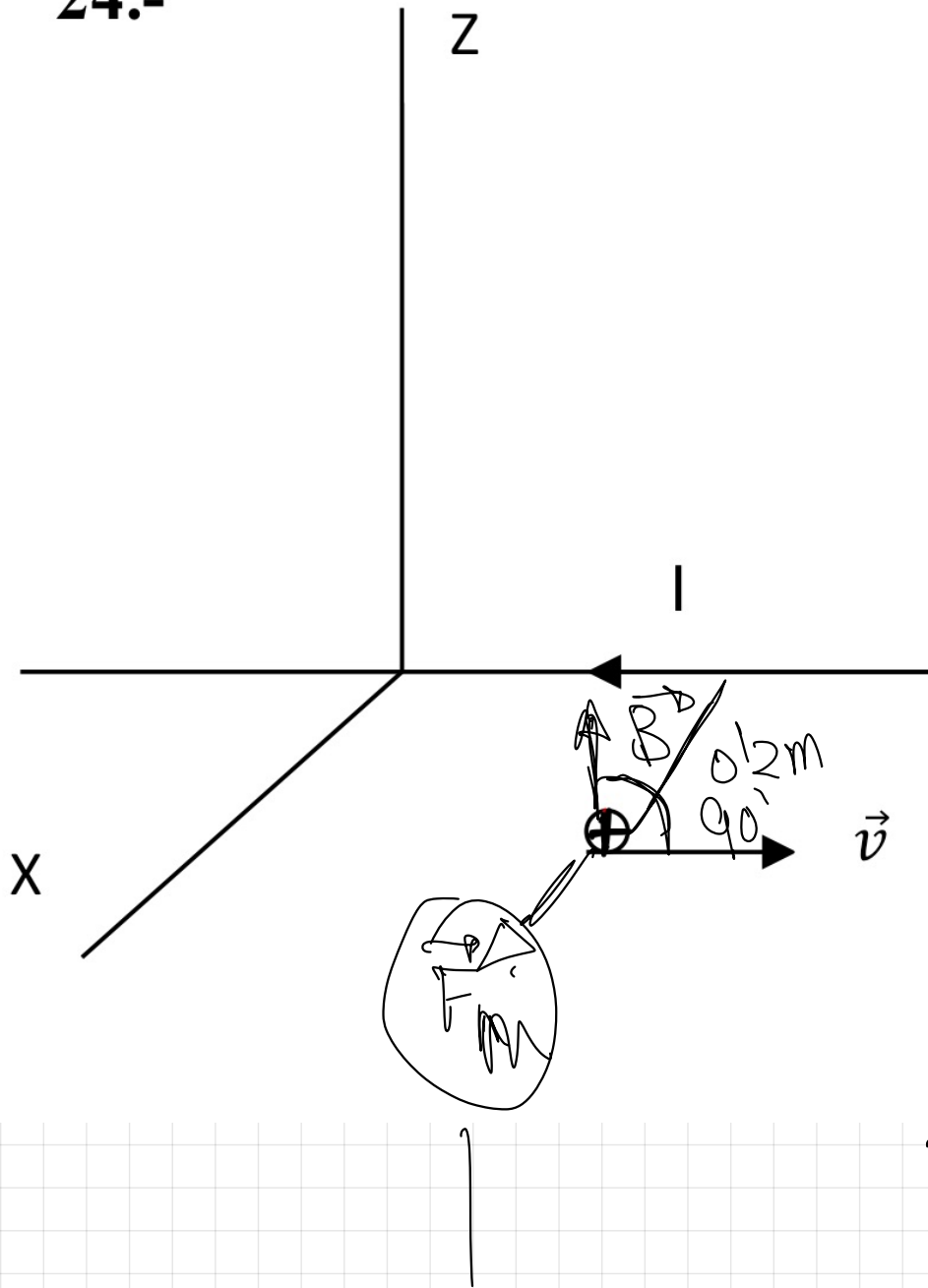
Al duplicar una de las intensidades no cambiaría ni la dirección ni el sentido de  $\vec{B}_1$  y  $\vec{B}_2$ , aunque sí variaría el módulo de  $\vec{B}_2$ , que se duplicaría, y por ello el campo resultante no sería nulo, sino que valdría:

$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d} \quad B_2 = \frac{\mu_0 \cdot 2I}{2\pi d}$$

El módulo del campo magnético total es el del campo creado por el conductor que se duplica en I, su sentido depende de cuál de los dos conductores duplica en I

$$B = B_2 - B_1 = \frac{\mu_0 \cdot 2I}{2\pi d} - \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d} = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d}$$

24.-



Por el cable conductor rectilíneo e indefinido de la figura circula una intensidad de corriente de 5A en el sentido indicado. Un protón se desplaza paralelamente al cable y en sentido contrario a la corriente, a una distancia de 0,2 m con una velocidad de  $10^5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Dibujar y calcular la fuerza que actúa sobre el protón cuando pasa por ese punto. Hacer lo mismo suponiendo que se tratase de un electrón.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}\cdot\text{A}^{-1}$$

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d}$$

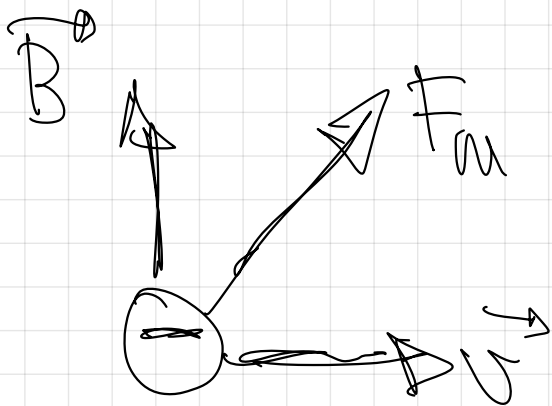
$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2\pi \cdot 0,2} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

↓  
ley de Lorentz.

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

$$F_m = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 1$$

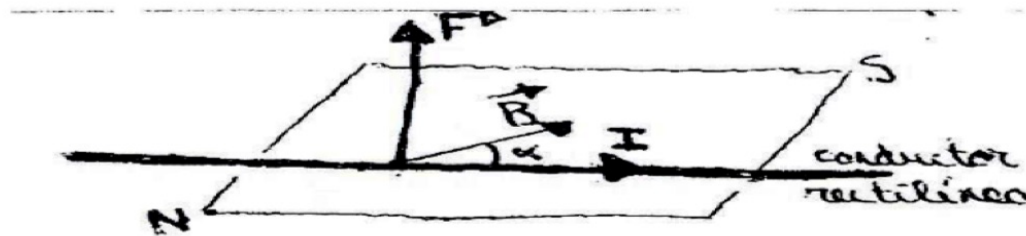
$F_m = 8 \cdot 10^{-20} \text{ N}$  en el sentido de la flecha



$F_m = 8 \cdot 10^{-20} \text{ N}$  en sentido contrario.

## 5.- FUERZA EJERCIDA POR UN CAMPO MAGNÉTICO SOBRE UNA CORRIENTE RECTILÍNEA

Una corriente eléctrica consiste en un flujo de cargas con una velocidad común de desplazamiento a través del conductor. Por consiguiente, cuando el conductor se encuentra sometido a un campo magnético, cada una de las cargas que se mueven experimentará una fuerza magnética. La resultante de todas estas fuerzas será la fuerza que actúa sobre el conductor, cuyo valor viene dado por la expresión:

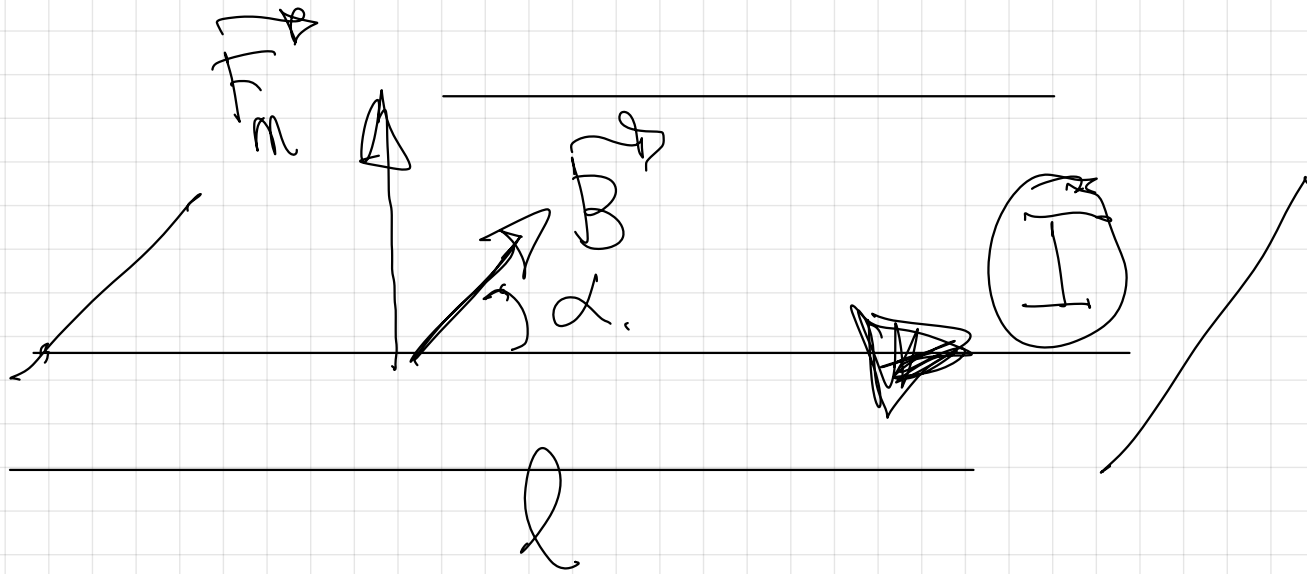


$$\vec{F} = I (\vec{l} \times \vec{B})$$

Las características de esta fuerza son las siguientes:

a) Módulo:  $F = I \cdot l \cdot B \cdot \text{sen } \alpha$

ley de Lorentz,  
 $F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen } \alpha$



Módulo  $\Rightarrow F_m = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha$ .

$I \Rightarrow A$ .

$l \Rightarrow m$

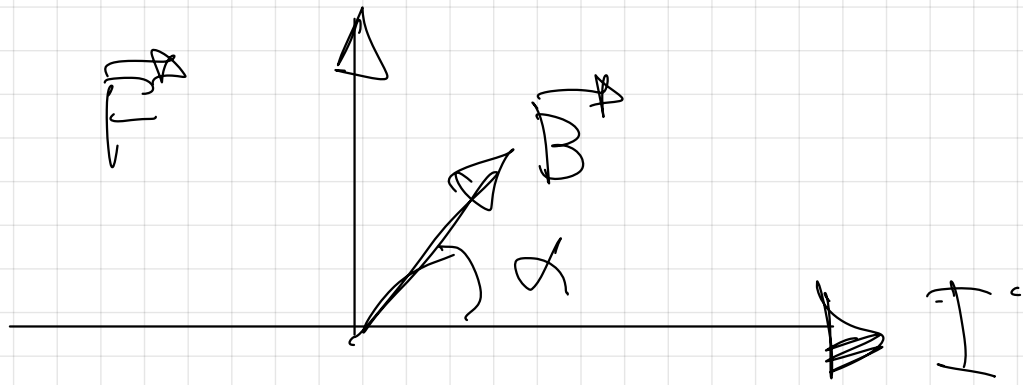
$B \Rightarrow T$ .

$\alpha \Rightarrow$  ángulo formado por el conductor y el campo.

19.- Un conductor rectilíneo de 20 cm de longitud está situado en el interior de un campo magnético uniforme de 1,5 T, formando un ángulo de  $60^\circ$  con sus direcciones. Si sobre el conductor actúa una fuerza de 1N, ¿Qué intensidad de corriente circula sobre el mismo?

$F_m = 1 \text{ N}$   
 $B = 1.5 \text{ T}$   
 $l = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$   
 $60^\circ$   
 $F_m = I \cdot (l \times B)$   
 $F_m = I \cdot l \cdot B \cdot \sin 60^\circ$   
 $I = \frac{F_m}{l \cdot B \cdot \sin 60^\circ} = \frac{1 \text{ N}}{0.2 \text{ m} \cdot 1.5 \text{ T} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = 3.85 \text{ A}$

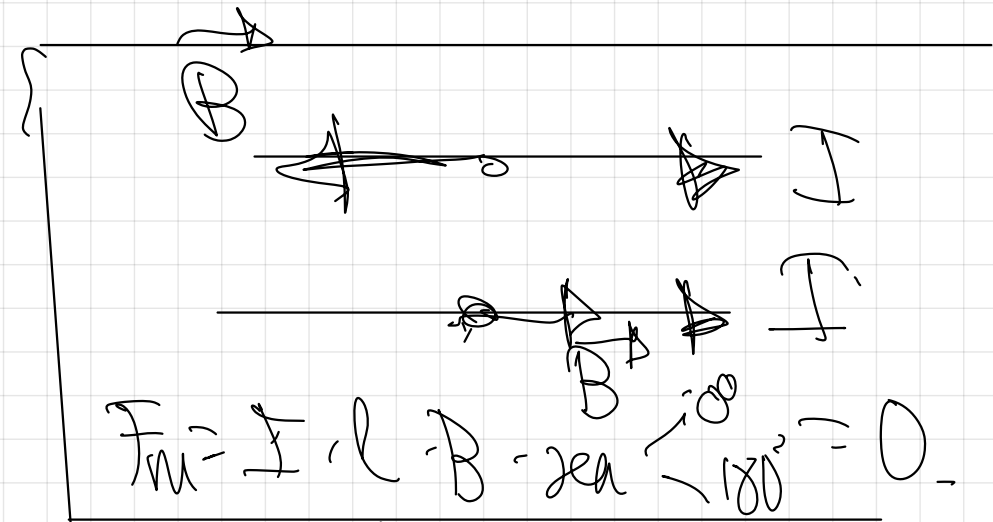
**20.**- Un conductor rectilíneo de longitud  $l$  por el que circula una intensidad de corriente  $I$  está sometido a la acción de un campo magnético uniforme  $B$ , experimentando una fuerza  $F$ . ¿Cómo se vería afectada dicha fuerza si sobre el mismo conductor circulase una intensidad mitad que la anterior?, ¿y si el campo magnético fuese paralelo al conductor?



$$F_m = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha$$

$$F'_m = \frac{I}{2} \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha$$

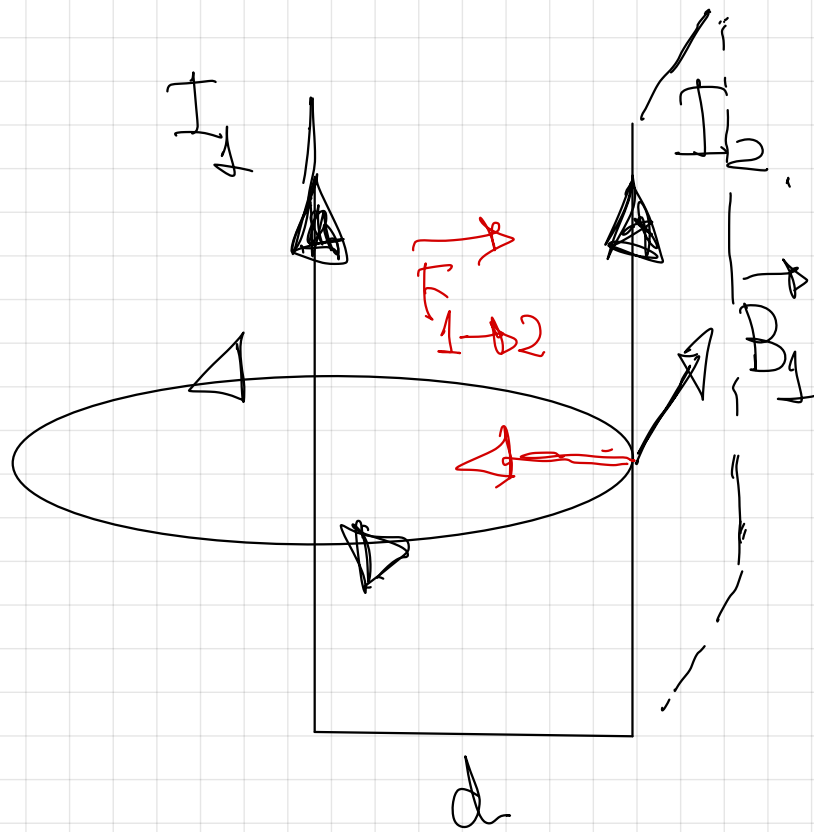
$$F'_m = \frac{1}{2} F_m \text{ se reduce a la mitad}$$



$$F_m = I \cdot l \cdot B \cdot \sin 180^\circ = 0$$

pag 83:

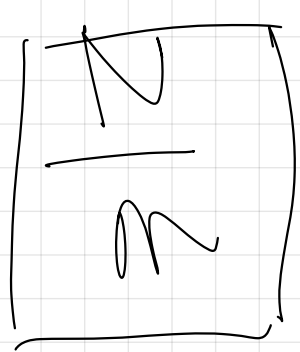
#### 4.- FUERZA MAGNÉTICA ENTRE DOS CORRIENTES RECTILÍNEAS Y PARALELAS



$$B_1 = \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi d}$$
$$F_{1 \rightarrow 2} = I_2 \cdot l \cdot B_1 \cdot \sin 90^\circ$$

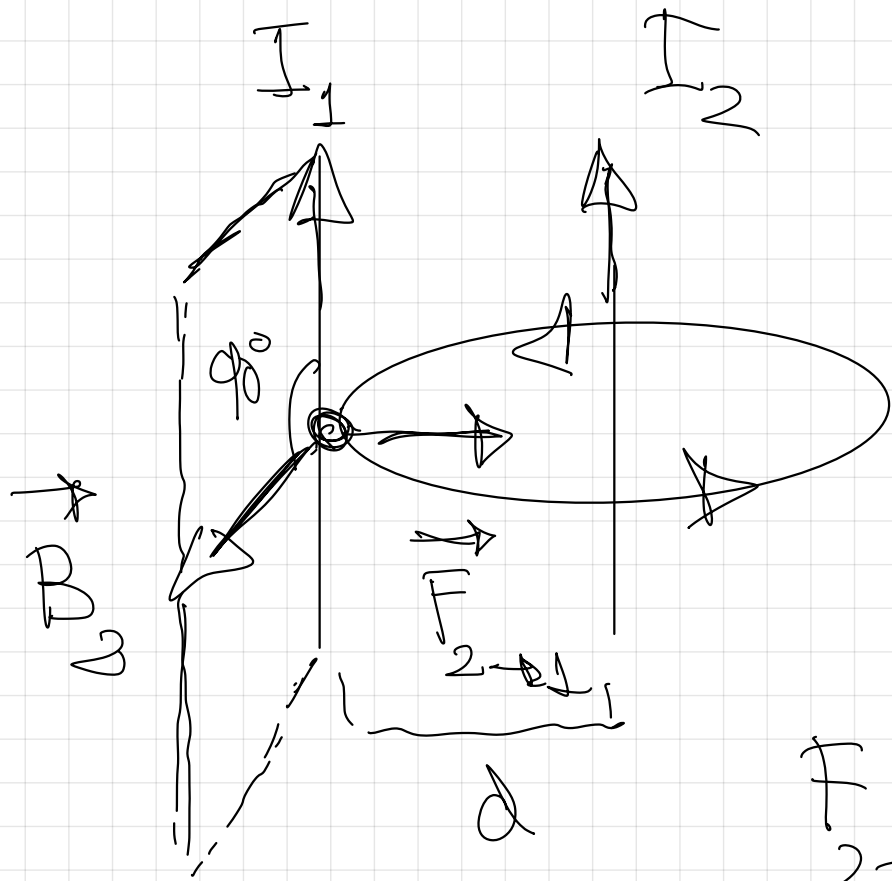
$$F_{1 \rightarrow 2} = I_2 \cdot l \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi d}$$

$$N. \rightarrow F_{I \rightarrow 2} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$



A diagram showing two parallel wires, labeled 1 and 2, enclosed in a rectangular box. Wire 1 is at the top and wire 2 is at the bottom. A vertical line separates the two wires. An arrow labeled 'N' points from wire 1 towards wire 2, indicating the direction of the magnetic force between them.

$$F_{I \rightarrow 2} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d} l$$



$$B_0 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

$$F_{2 \rightarrow 1} = I_2 \cdot l \cdot B_0 \sin \alpha_0$$

$$F_{2 \rightarrow 1} = I_2 \cdot l \cdot \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

$$\left( \begin{array}{c} \vec{F}_{1 \rightarrow 2} \\ \vec{F}_{2 \rightarrow 1} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \vec{F}_{1 \rightarrow 2} \\ \vec{F}_{2 \rightarrow 1} \end{array} \right)$$

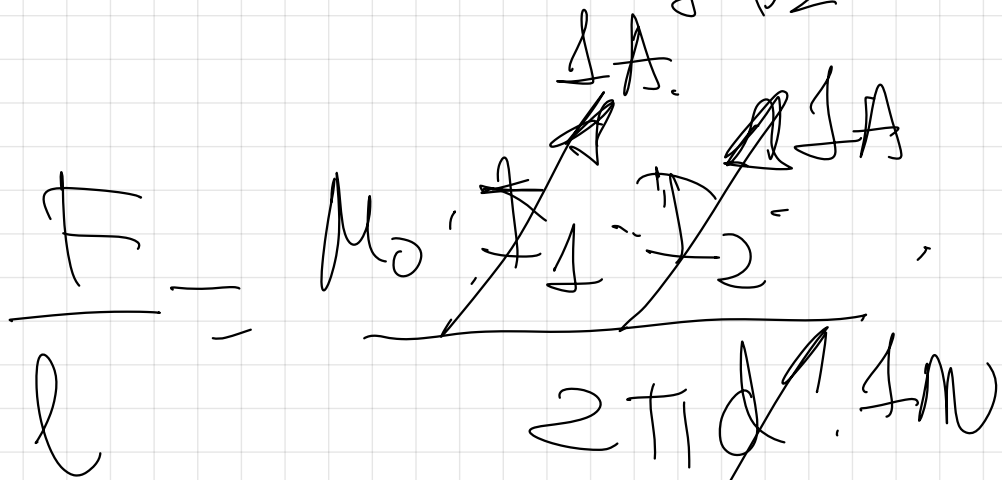
$$\left( \begin{array}{c} \vec{F}_{1 \rightarrow 2} \\ \vec{F}_{2 \rightarrow 1} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \mu_0 I_1 I_2 \cdot l \\ 2\pi d \end{array} \right)$$

$$\left( \frac{2}{\mu} \right) \frac{F_{2 \rightarrow 1}}{r} = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2 \pi d}$$



$$F = I_2 \cdot l \cdot \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

$$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$



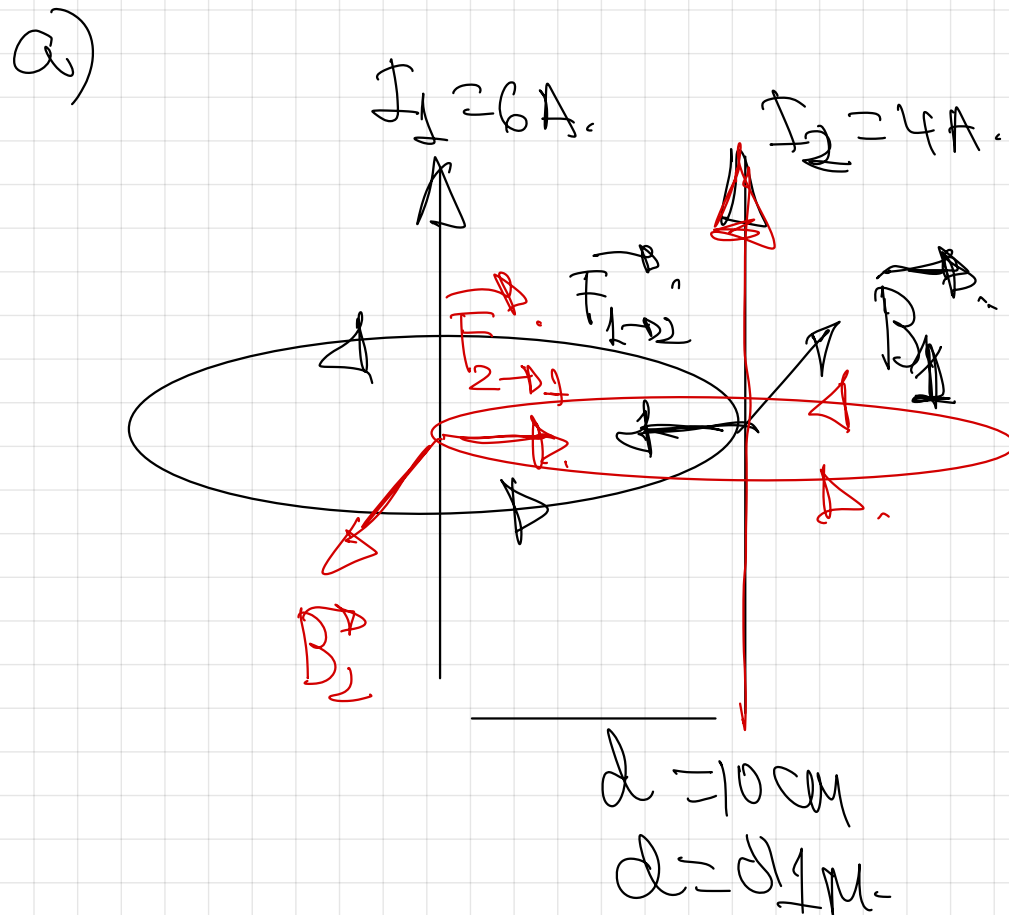
Definición  
internacional  
de ampere.

$$\frac{F}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot (1) \cdot (1)}{2\pi \cdot 1} = \boxed{2 \cdot 10^{-7} \text{ N/m}}$$

28.- Dos conductores rectilíneos paralelos y de gran longitud, están separados en el aire 10 cm y están recorridos por corrientes de 6 A y de 4 A. Calcula la fuerza por unidad de longitud que actúa sobre cada conductor:

- Si las corrientes tienen el mismo sentido
- Si las corrientes tienen sentido contrario

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$$



$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

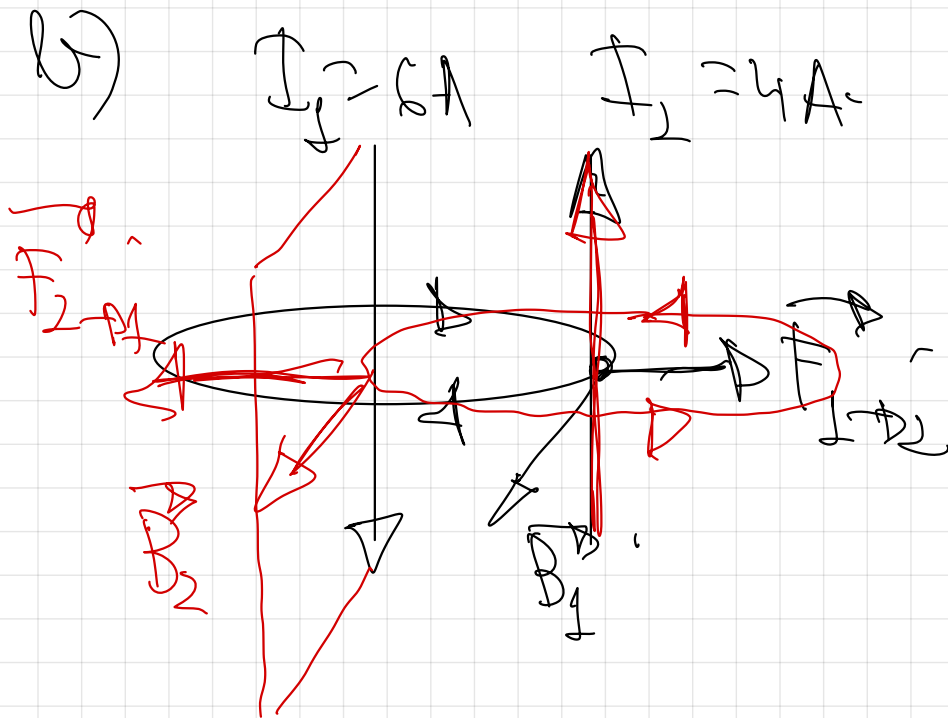
$$F_{1 \rightarrow 2} = I_2 \cdot l \cdot |B_1| \sin 90^\circ$$

$$F_{1 \rightarrow 2} = I_2 \cdot l \cdot \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$$

$$|\vec{F}_{1 \rightarrow 2}| = |\vec{F}_{2 \rightarrow 1}|$$

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

$$\frac{F}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 4}{2\pi \cdot 0,1} = 4,8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{N}}{\text{m}} \text{ de atracci3.$$



$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d}$$

$$F_{2 \rightarrow 1} = I_1 \cdot l \cdot B_2 \text{ sen } 90^\circ$$



$$\frac{F}{l} = \frac{4 \pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 4}{2 \pi \cdot 0,1} = 4,8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

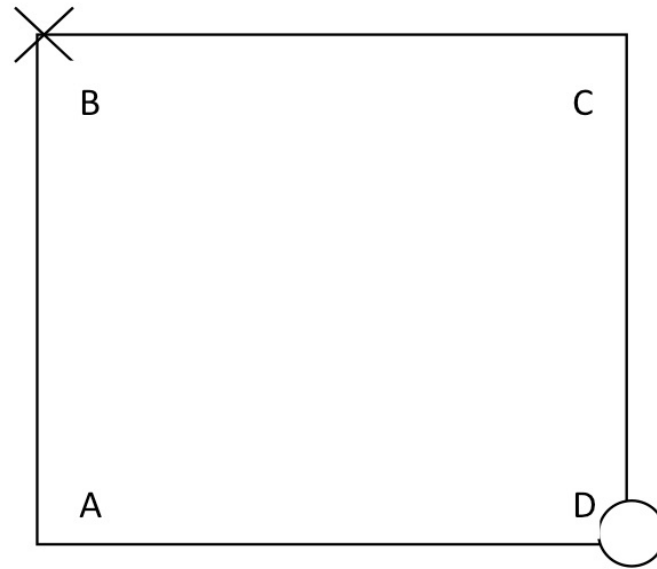
die *repulsion*.

30.- Dos hilos metálicos largos y paralelos, por los que circulan corrientes de 3 A y 4 A, pasan por los vértices B y D de un cuadrado de 2 m de lado, situado en un plano perpendicular, como ilustra la figura. El sentido de las corrientes se indica por los símbolos x=entra en el papel o=sale del papel

a) Dibuje un esquema en el que figuren las interacciones mutuas y el campo magnético resultante en el vértice A

b) Calcule los valores numéricos del campo magnético en A y de la fuerza por unidad de longitud ejercida sobre uno de los hilos.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$$

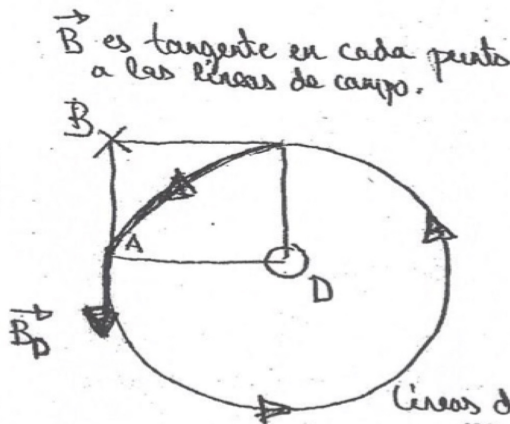


a) y b)  
Campo magnético resultante.

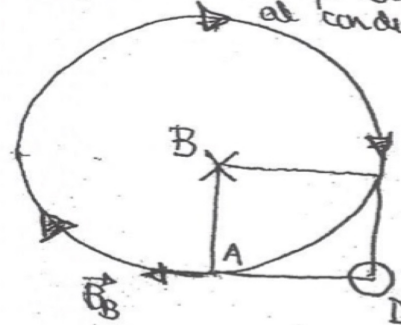
30

a)

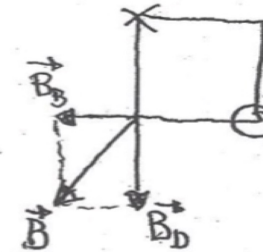
Campo magnético resultante en el vértice A



Las líneas de campo van en un plano perpendicular al conductor.



Líneas de campo magnético creado por un conductor



en A

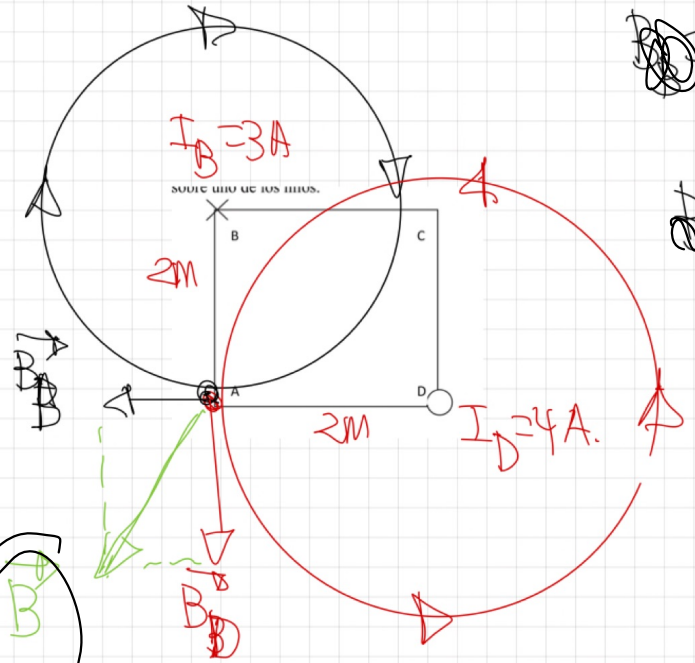
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3}{2\pi \cdot 2}$$

$$B = 3 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

$$B = 3 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

$$B = B_B + B_D = -3 \cdot 10^{-7} \text{ T} - 4 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$



$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$

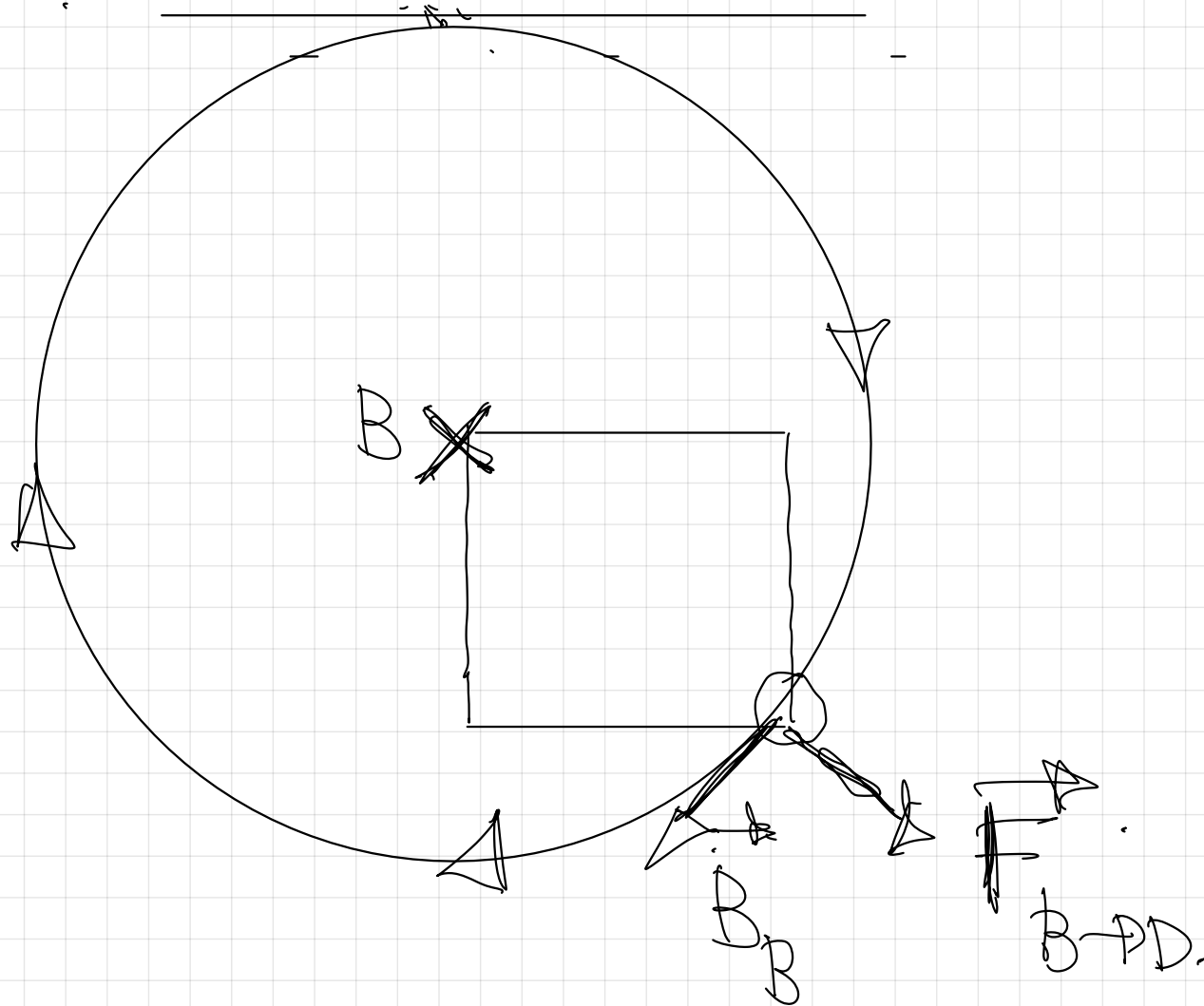
$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 4}{2\pi \cdot 2}$$

$$B = 4 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

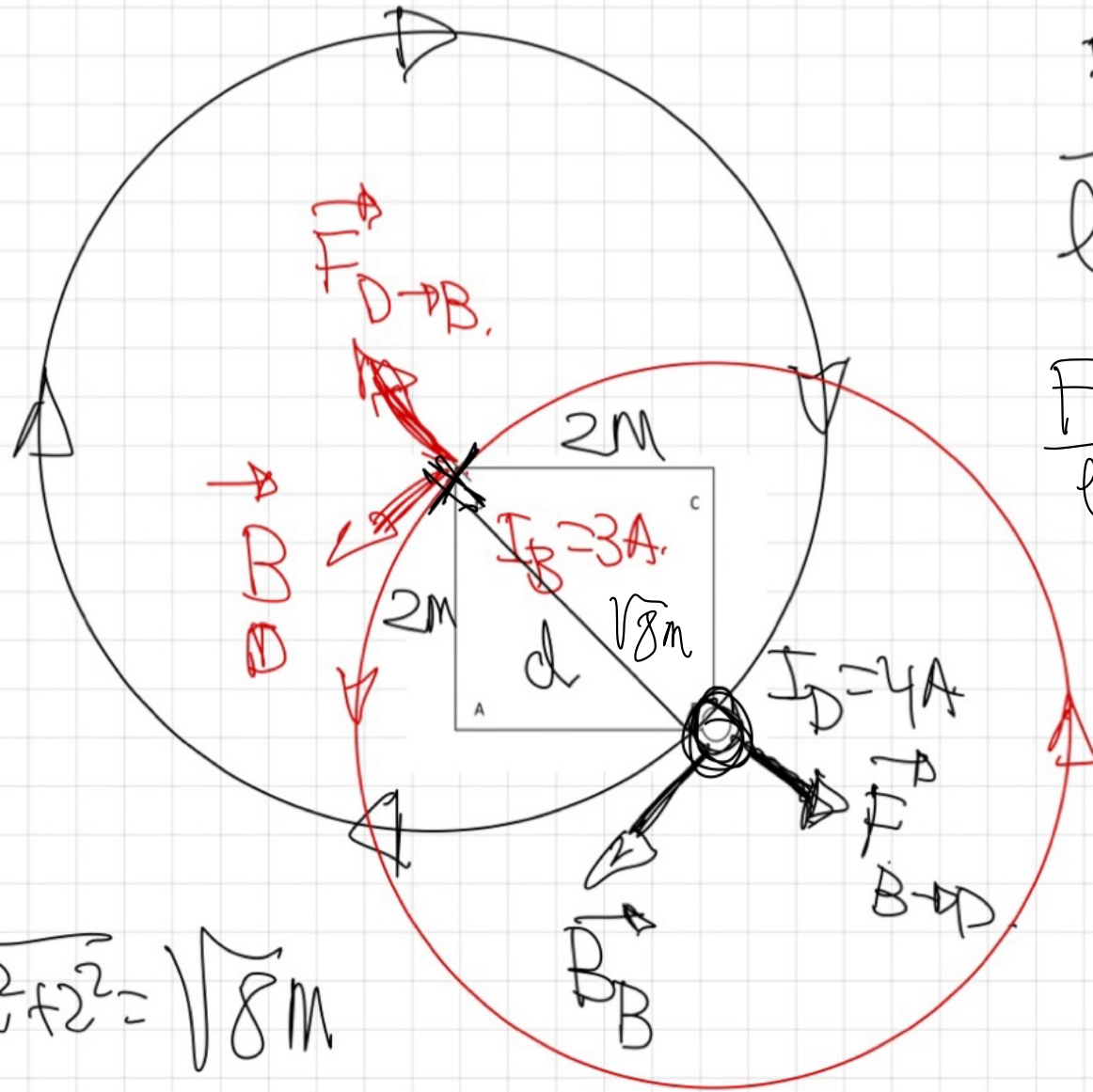
$$B = -4 \cdot 10^{-7} \text{ T}$$

$$|\vec{B}| = \sqrt{x^2 + y^2} = 5 \cdot 10^7 \text{ T.}$$

Interacción neutra.



(30)



$$d = \sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8}m$$

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_B I_D}{2\pi d}$$

$$\frac{F}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3 \cdot 4}{2\pi \sqrt{8}}$$

$$\frac{F}{l} = 85 \cdot 10^{-7} \frac{N}{m}$$

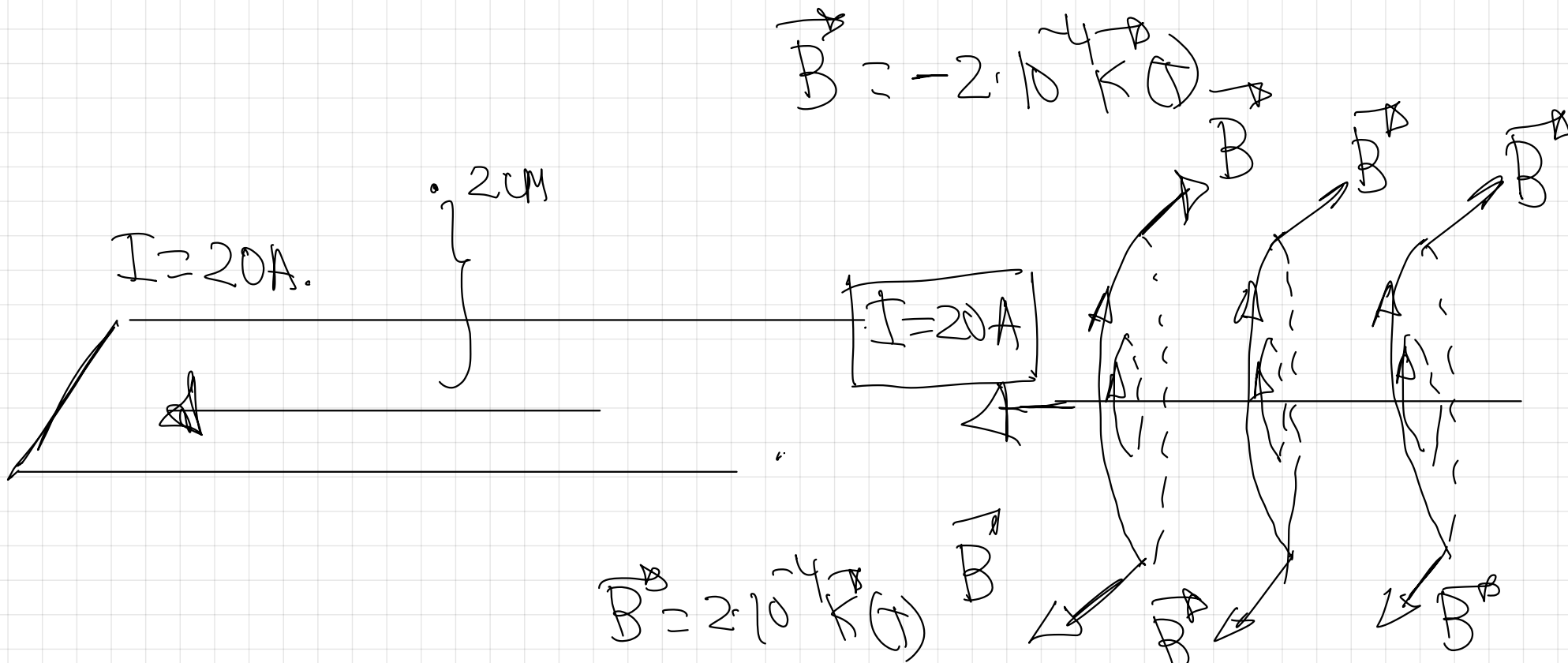
de repulsión

31.- Por un conductor rectilíneo indefinido, apoyado sobre el plano horizontal, circula una corriente de 20 A

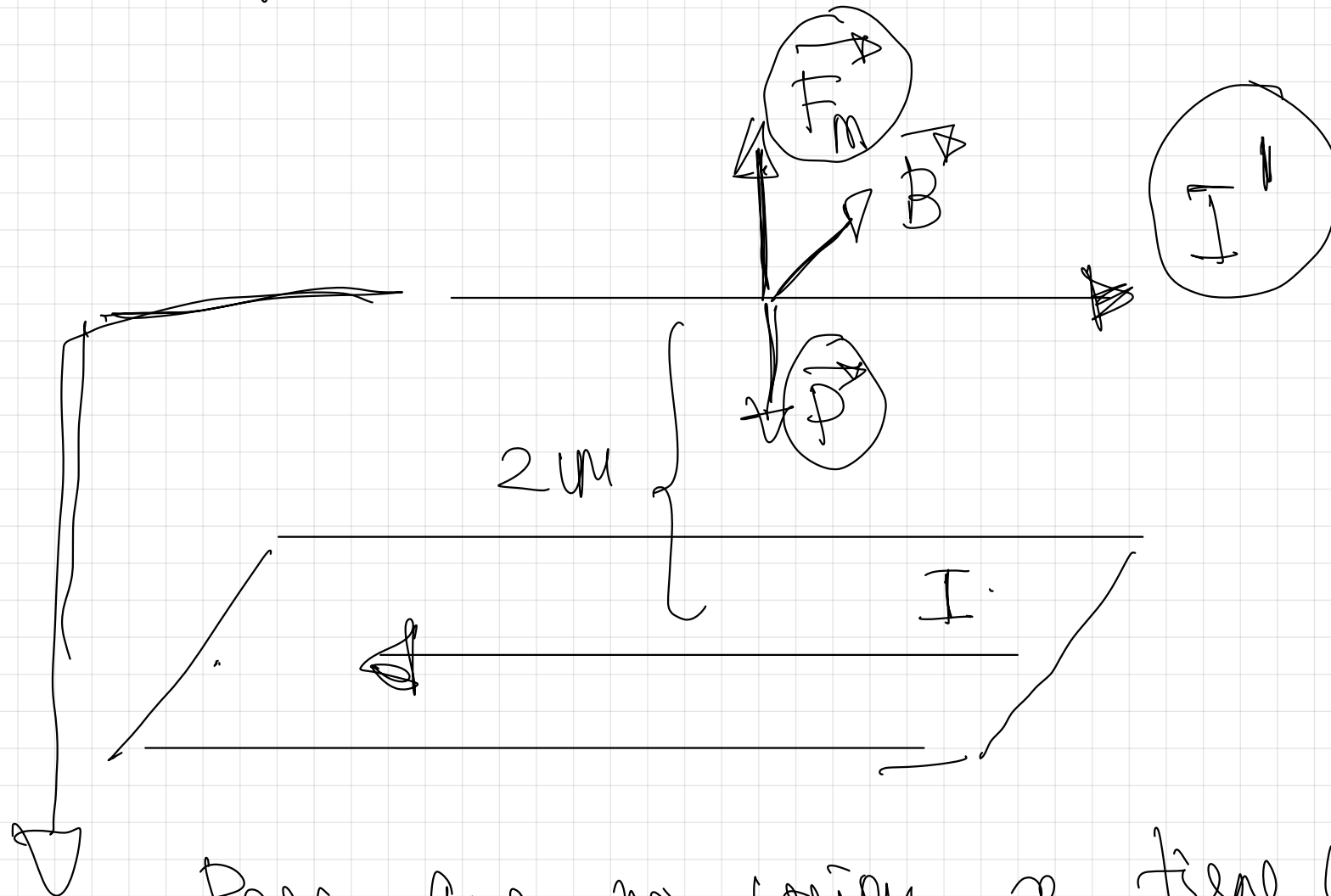
a) Dibuje las líneas del campo magnético producido por la corriente y calcule el valor de dicho campo en un punto situado en la vertical del conductor y a 2 cm de él.

b) ¿Qué corriente tendría que circular por un conductor, paralelo al anterior y situado a 2 cm de él para que no cayera, si la masa por unidad de longitud de dicho conductor es de  $0,1 \text{ Kg/m}$ ?

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1} \quad g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$



$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi \cdot d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 20}{2\pi \cdot 0,02} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$



Para que no corija a final que  
cumplir que:

$$|\vec{F}_m| = |\vec{P}| \rightarrow 2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

$$I \cdot l \cdot B \cdot \sin 90^\circ = m \cdot g$$

$$I = \frac{m \cdot g}{l \cdot B} = \frac{0,1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot 10^{-4} \text{ T}}$$

$$\left( \frac{0,1 \text{ Kg}}{\text{m}} \right)$$

$I = 5000 \text{ A}$ . en sentido contrario al anterior.

29.- Dos hilos metálicos largos y paralelos, por los que circulan corrientes de 10 A, pasan por dos vértices opuestos de un cuadrado de 1m de lado situado en un plano horizontal. Ambas corrientes discurren perpendicularmente a dicho plano y hacia arriba.

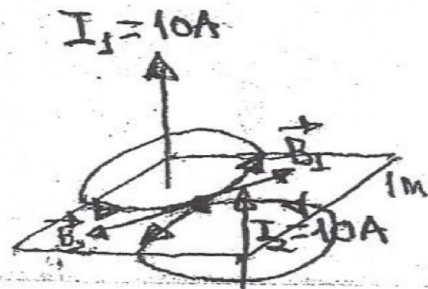
a) Dibuje un esquema en el que figuren las interacciones mutuas y el campo magnético resultante en el centro del cuadrado

b) Calcule los valores numéricos del campo magnético en el centro del cuadrado y de la fuerza por unidad de longitud ejercida sobre uno de los hilos.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$$

(29)

a) Campo magnético en el centro del cuadrado:



$\vec{B}$  es tangente en cada punto a las líneas de campo. Las líneas de campo están en un plano perpendicular al conductor.

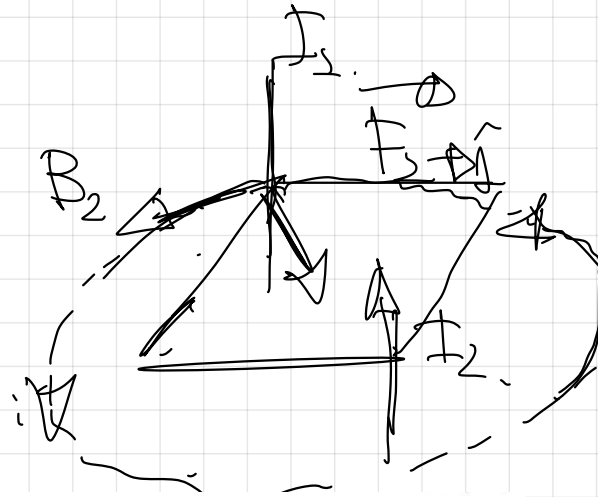
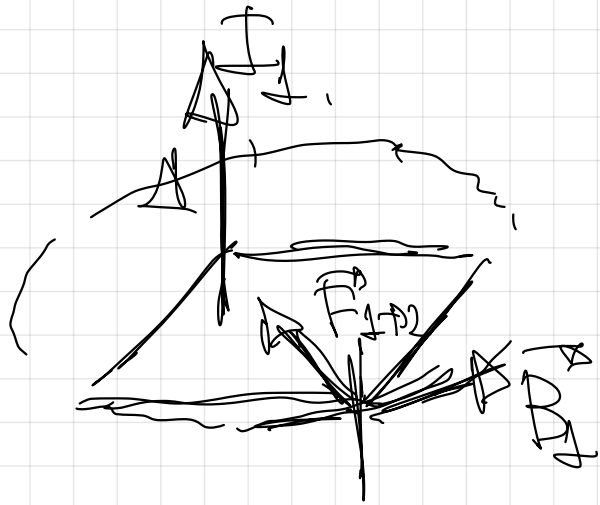
Se observa que  $\vec{B}_1$  y  $\vec{B}_2$  son dos vectores con la misma dirección y sentido contrario, además poseen el mismo módulo:

$$\left. \begin{aligned} B_1 &= \frac{\mu_0 \cdot I_1}{2\pi d} \\ B_2 &= \frac{\mu_0 \cdot I_2}{2\pi d'} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} I_1 &= I_2 = 10 \text{ A} \\ d &= d' = \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ m} \end{aligned} \left\} \begin{aligned} |\vec{B}_1| &= |\vec{B}_2| \end{aligned}$$

Luego el campo magnético resultante en el centro del cuadrado es nulo ( $B = 0$ )

Interacciones mutuas: dos conductores por los que circulan intensidades de corriente en el mismo sentido se atraen (Ver Tema 8, pregunta 4 =)

A I:



(29)

b) El campo magnético en el centro del cuadrado es nulo, según se vio en el apartado anterior ( $B=0$ )

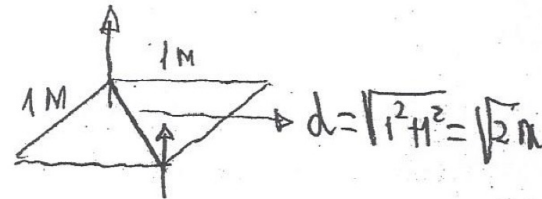
Fuerza por unidad de longitud:

$$F_{1 \rightarrow 2} = F_{2 \rightarrow 1} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

$$\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

$$\frac{F}{l} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10 \cdot 10}{2\pi \sqrt{2}}$$

$$\frac{F}{l} = 1.42 \cdot 10^{-5} \frac{N}{m}$$



a) Por dos hilos conductores rectilíneos paralelos, separados una cierta distancia, circulan corrientes de igual intensidad. Explique razonadamente, apoyándose en un esquema, si puede ser cero el campo magnético en algún punto entre los dos hilos, suponiendo que las corrientes circulan en sentidos: i) iguales; ii) opuestos.

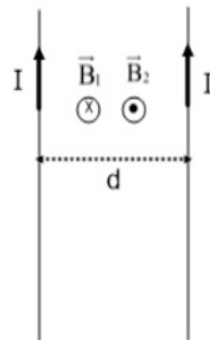
b) Dos conductores rectilíneos paralelos por los que circula la misma intensidad de corriente están separados una distancia de 20 cm y se atraen con una fuerza por unidad de longitud de  $5 \cdot 10^{-8} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . i) Justifique si el sentido de la corriente es el mismo en ambos hilos, representando en un esquema el campo magnético y la fuerza entre ambos. ii) Calcule el valor de la intensidad de corriente que circula por cada conductor.

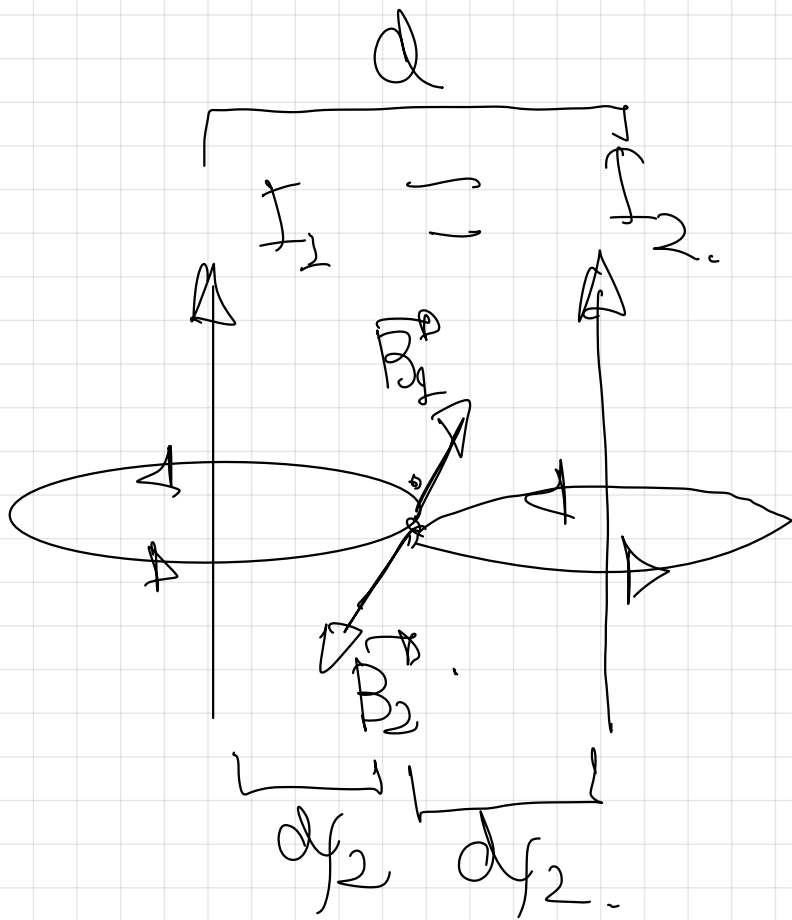
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$$

FISICA. 2023. JUNIO. EJERCICIO B2

## R E S O L U C I O N

a) i)



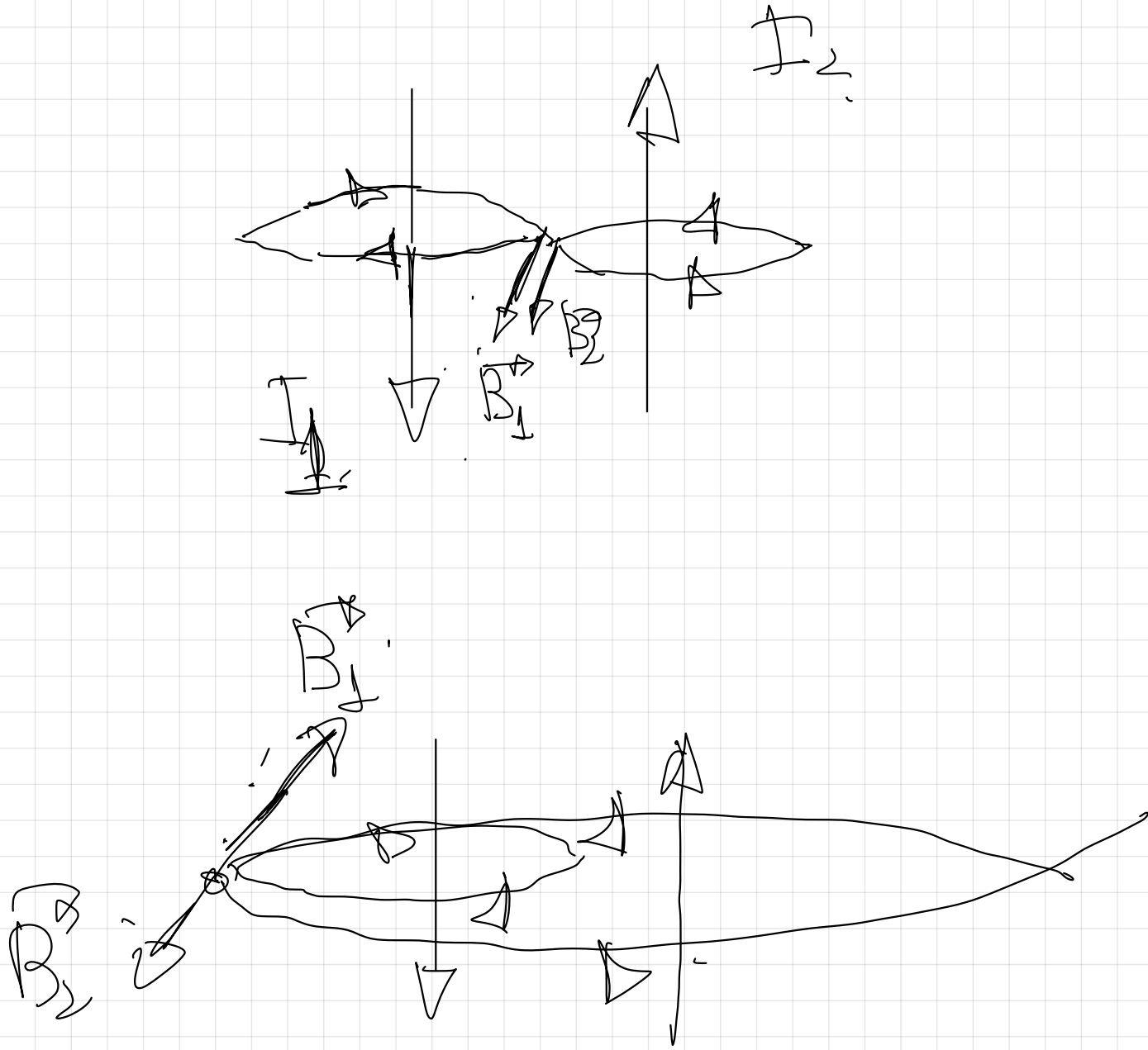


$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d/2}$$

$$|B_1| = |B_2|$$

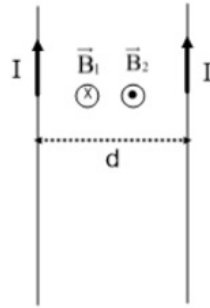
$$B = B_1 + B_2 = 0$$

Misma dirección y módulo, sentido contrario  $B = 0$ .



## RESOLUCION

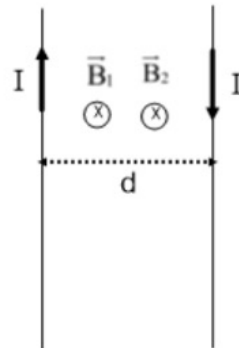
a) i)



Por la regla de la mano derecha, el hilo de la izquierda produce un campo magnético  $\vec{B}_1$  entrante en el papel en la zona entre los dos hilos. De la misma forma, el hilo de la derecha produce un campo magnético  $\vec{B}_2$  saliente, en este caso y en la misma zona. En el punto medio entre los dos hilos  $\vec{B}$  total se anula

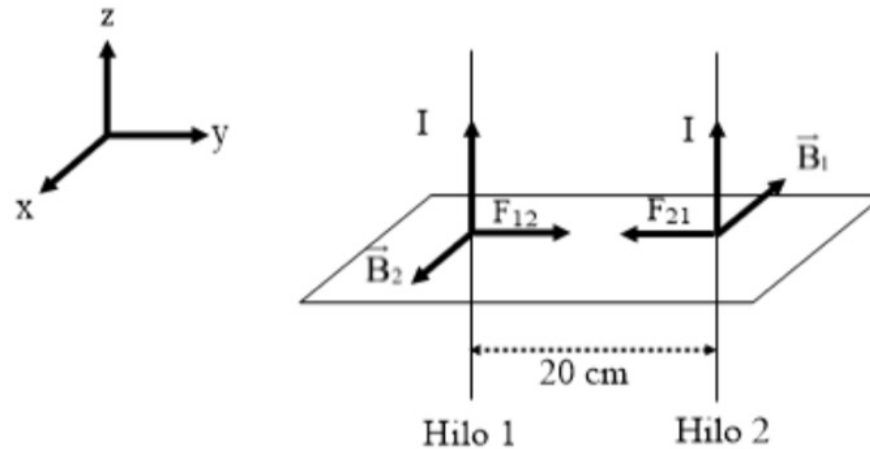
$$\vec{B}_{\text{Total}} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \frac{\mu \cdot I}{2\pi \cdot \frac{d}{2}} - \frac{\mu \cdot I}{2\pi \cdot \frac{d}{2}} = 0$$

ii)



Aplicando la regla de la mano derecha, se observa que los vectores  $\vec{B}_1$  y  $\vec{B}_2$  tienen el mismo sentido, luego, no se anulan en ningún punto entre los dos hilos.  $\vec{B}_{\text{Total}} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \neq 0$

b)



Sabemos que:  $\frac{F}{L} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ N/m}$

$$F_{12} + F_{21} = \mu \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot d} \cdot L \Rightarrow \frac{F}{L} = \mu \frac{I^2}{2\pi \cdot d}$$

Para que las fuerzas sean atractivas, las orientaciones de  $I$  deben de tener el mismo sentido. El hilo 1 produce un  $\vec{B}_1$  en el hilo 2 (regla de la mano derecha) y el hilo 2 produce un  $\vec{B}_2$  en el hilo 1. Por la Ley de Lorentz

$$\vec{F}_{21} = I_2 \vec{L} \times \vec{B}_1 = I_2 L \frac{\mu I_1}{2\pi d} = \mu \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi d} \cdot L \text{ (regla del sacacorchos), sentido en la figura}$$

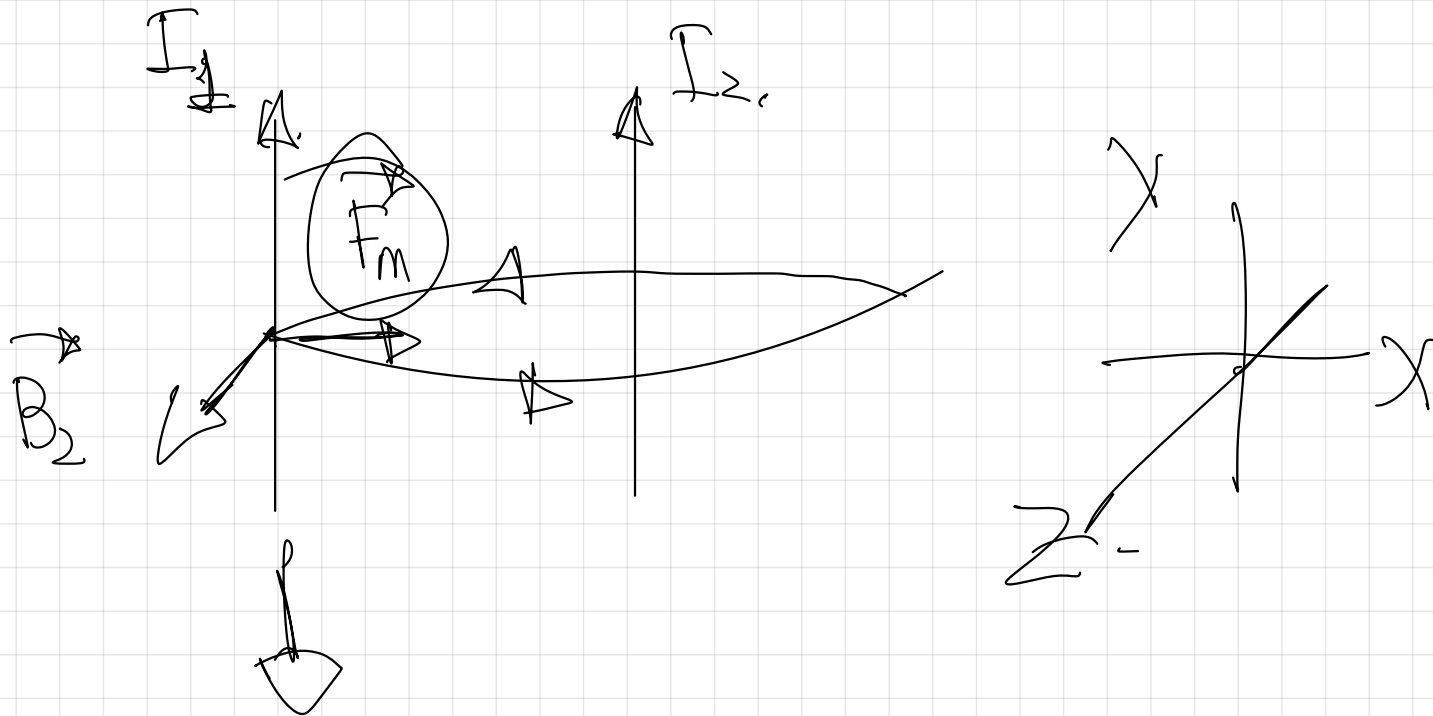
O bien:  $\vec{I} \times \vec{B}_1 = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & 0 & I \\ -B_1 & 0 & 0 \end{vmatrix} = I \vec{j} \times (-B_1 \vec{i}) \Rightarrow \vec{F}_{21} = I \vec{L} \times \vec{B}_1$  (sentido de atracción)

a) Por dos hilos conductores rectilíneos paralelos, separados una cierta distancia, circulan corrientes de igual intensidad. Explique razonadamente, apoyándose en un esquema, si puede ser cero el campo magnético en algún punto entre los dos hilos, suponiendo que las corrientes circulan en sentidos: i) iguales; ii) opuestos.

b) Dos conductores rectilíneos paralelos por los que circula la misma intensidad de corriente están separados una distancia de 20 cm y se atraen con una fuerza por unidad de longitud de  $5 \cdot 10^{-8} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . i) Justifique si el sentido de la corriente es el mismo en ambos hilos, representando en un esquema el campo magnético y la fuerza entre ambos. ii) Calcule el valor de la intensidad de corriente que circula por cada conductor.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$$

FISICA. 2023. JUNIO. EJERCICIO B2

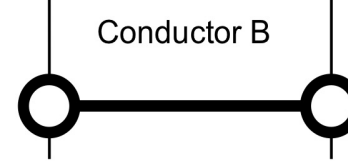


$$\mathbb{F}^n \cong \mathbb{F} \cdot (\mathbb{R} \times \mathbb{R})$$

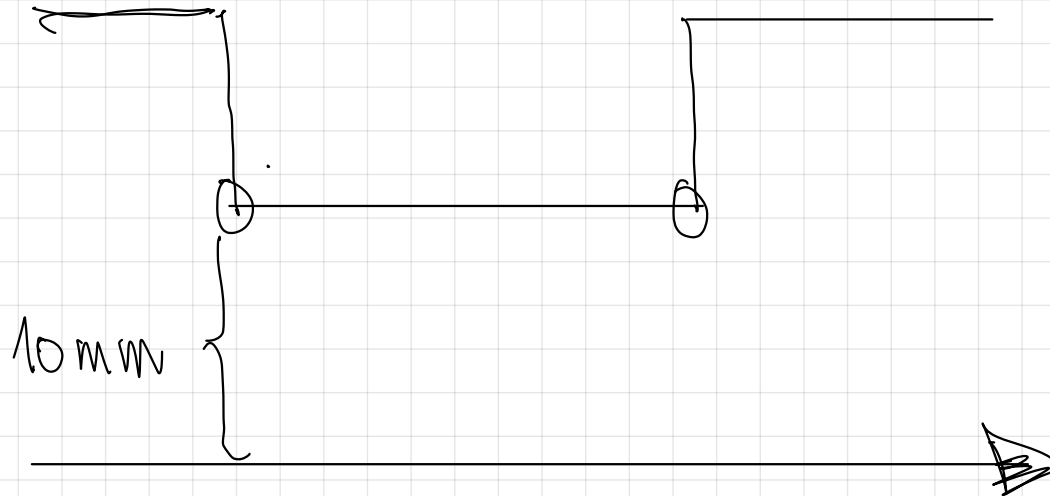
$$\mathbb{F}^n \cong \mathbb{F} \cdot \begin{vmatrix} \mathbb{C} & \mathbb{C} \\ 0 & \mathbb{R} \\ 0 & 0 & B \end{vmatrix} \cong \mathbb{F} \mathbb{R} B \mathbb{C}$$

conductor A y a 10 cm de él.  
b) Si la masa del conductor B es 10 g, determine el sentido y el valor de la corriente que debe circular por conductor B para que permanezca suspendido en equilibrio en esa posición.

$$g = 9,8 \text{ m s}^{-2} \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm A}^{-1}$$

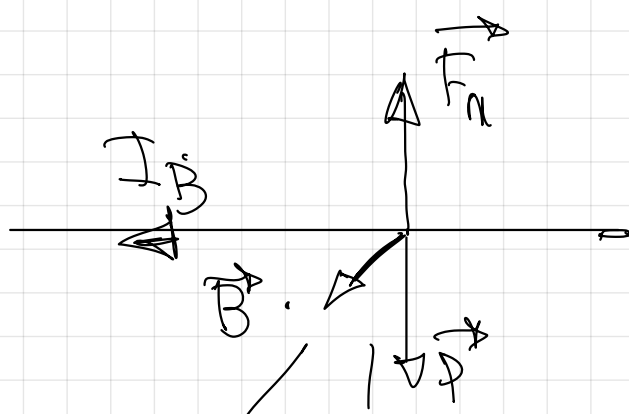
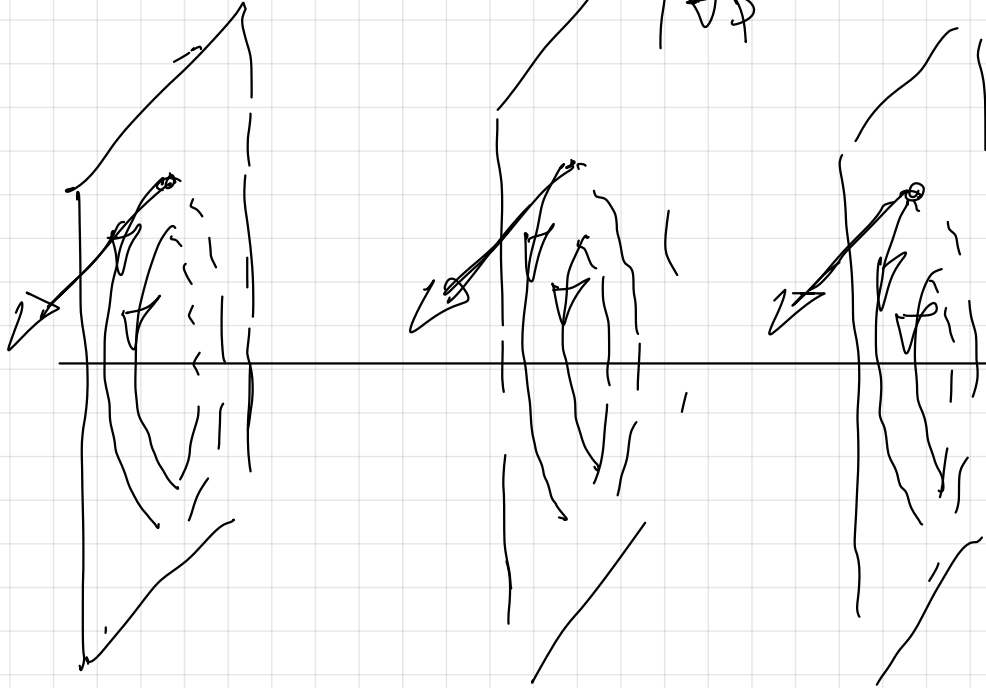
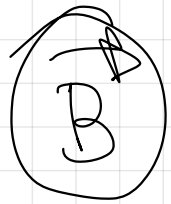


Conductor A



Móvil.

$$I_A = 200 \text{ A}$$



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

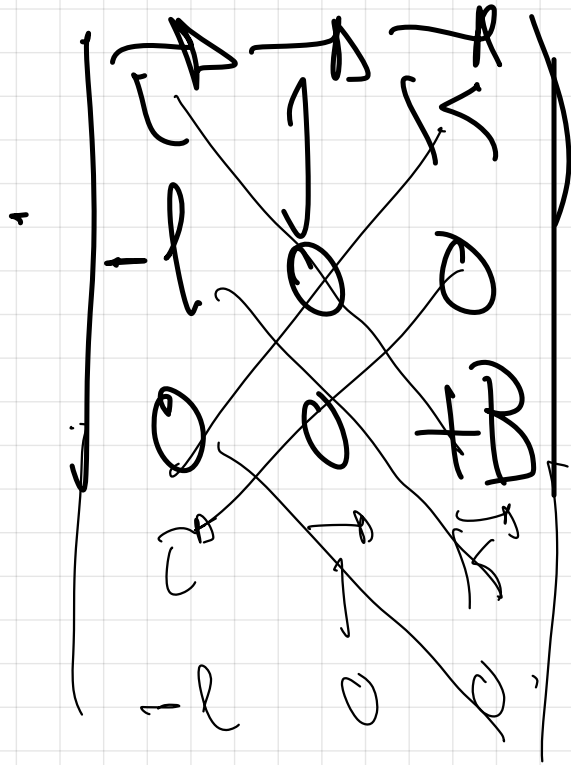
$$\vec{F}_m = I \cdot \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ l & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B \end{vmatrix}$$

$$F_m = I B l \vec{j}$$

$$10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

$$I_A = 200 \text{ A}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 200}{2\pi \cdot 0.1} = 4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$



$$= 0 - (B \rightarrow (-l)) = 1,$$

$$B \rightarrow 1,$$

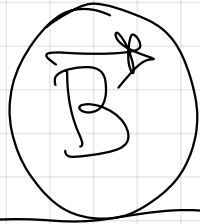
$$\left( \frac{T_1}{2} \right) = \left( \frac{T_2}{2} \right)$$

$$\frac{m_0 T_A + T_B \cdot l}{2\pi r} = m \cdot g,$$

10 mm

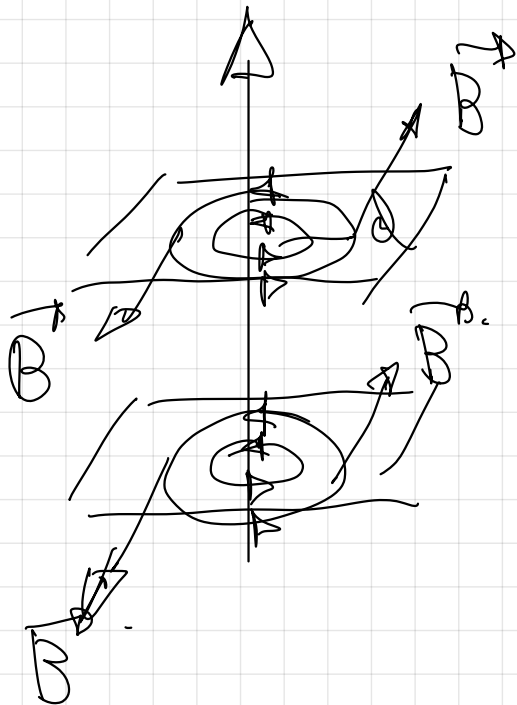
(14-R) a) Explique las características del campo creado por una corriente rectilínea indefinida.

b) ¿En qué casos un campo magnético no ejerce ninguna fuerza sobre una partícula cargada? ¿Y sobre una corriente eléctrica? Razone las respuestas.



ley de Biot y Savart.

- Módulo
- Dirección
- Sentido.



$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

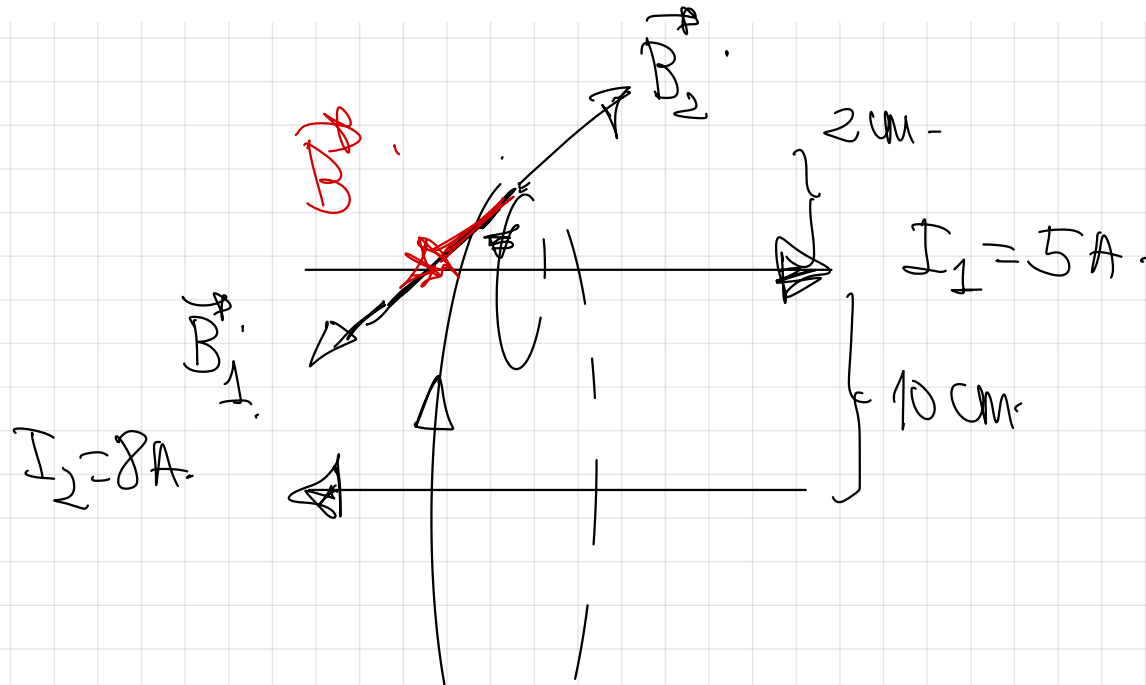
- tangente a cada pl. a las líneas de campo.
- sentido  $\rightarrow$  d de las líneas de campo (regla de la mano derecha)

(14-R) Dos conductores rectilíneos, paralelos y muy largos, separados 10 cm, transportan corrientes de 5 y 8 A, respectivamente, en sentidos opuestos.

a) Dibuje en un esquema el campo magnético producido por cada uno de los conductores en un punto del plano definido por ellos y situado a 2 cm del primero y 12 cm del segundo y calcule la intensidad del campo total.

b) Determine la fuerza por unidad de longitud sobre uno de los conductores, indicando si es atractiva o repulsiva.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$$

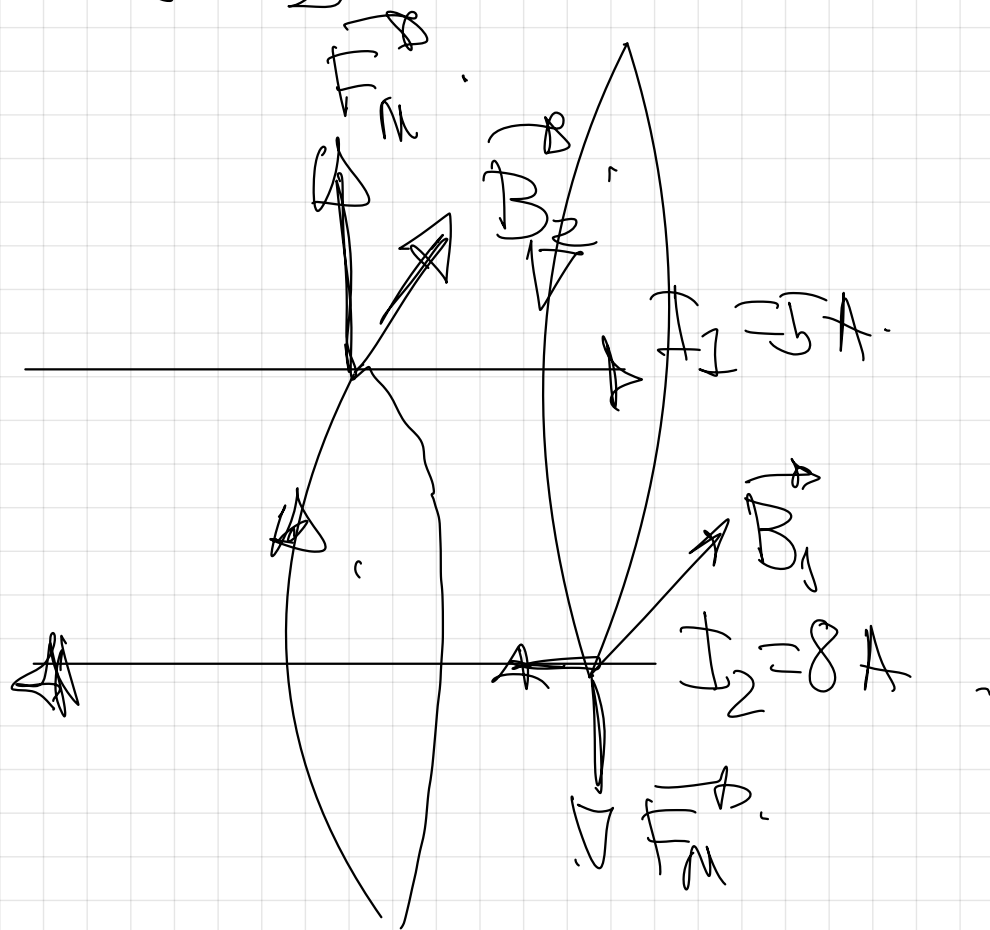


$$B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi d} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 8}{2\pi \cdot 0,12} = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ T} \quad B_2 = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d_1} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5}{2\pi \cdot 0.02} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

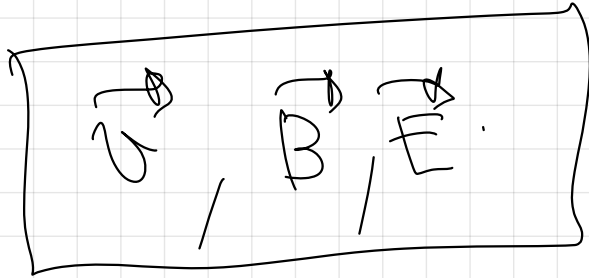
$\left( \begin{array}{l} B_1 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ T} \\ \uparrow \end{array} \right)$

$$B = B_1 + B_2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ T} - 1.33 \cdot 10^{-5} \text{ T} = 3.67 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

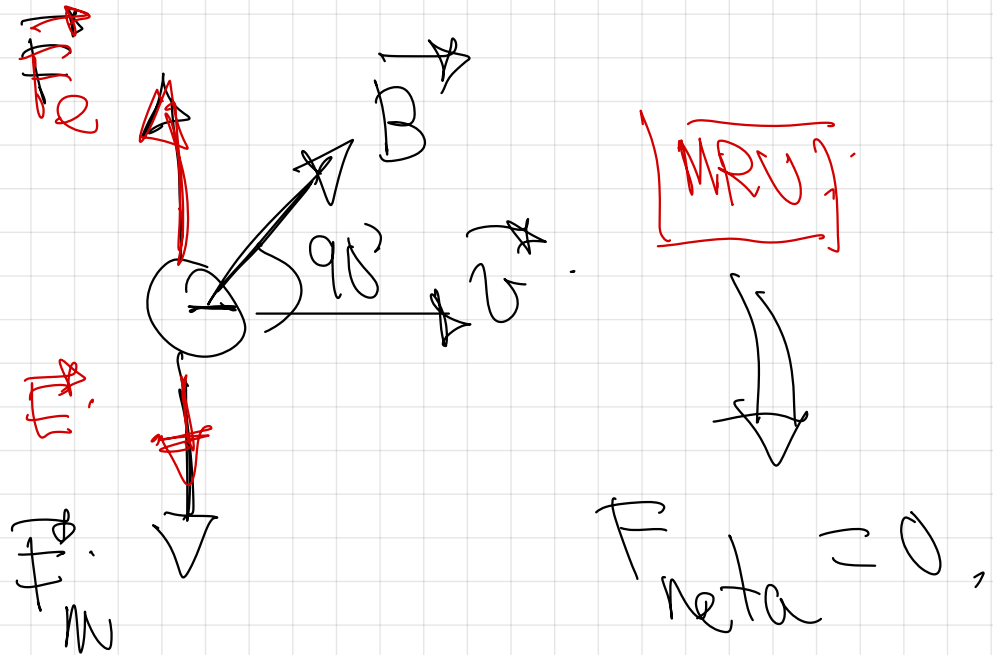


(19-R) a) Un electrón atraviesa en línea recta una región en la que coexisten un campo eléctrico y un campo magnético uniformes. Discuta la relación, ayudándose de esquemas, entre los vectores  $\mathbf{v}$ ,  $\mathbf{B}$  y  $\mathbf{E}$ , si: (i) El electrón mantiene fija su velocidad. (ii) El electrón sigue un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

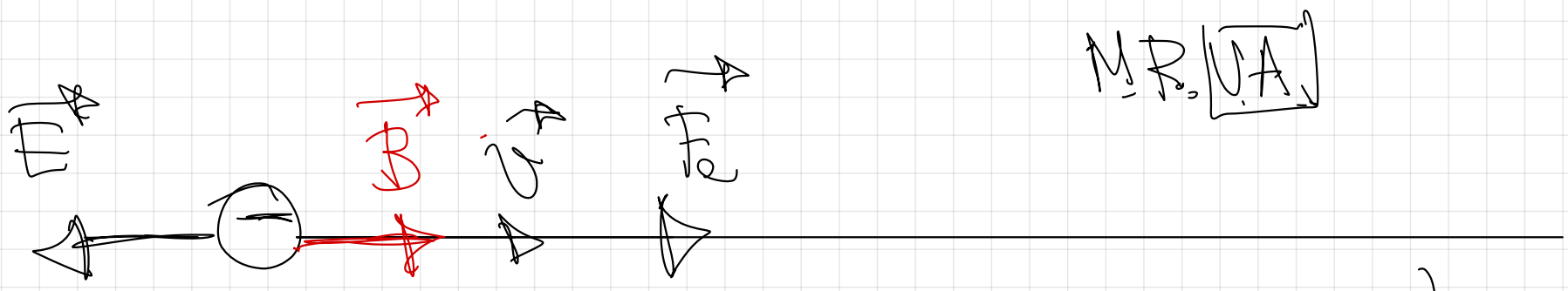
b) Por el hilo  $A$  circula la corriente  $I = 10 \text{ A}$ . i) Determine, razonadamente, el valor y sentido



$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{B} = E$$



$$\cancel{F} \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{B} \text{ en } 90^\circ = \cancel{I} \cdot E =$$

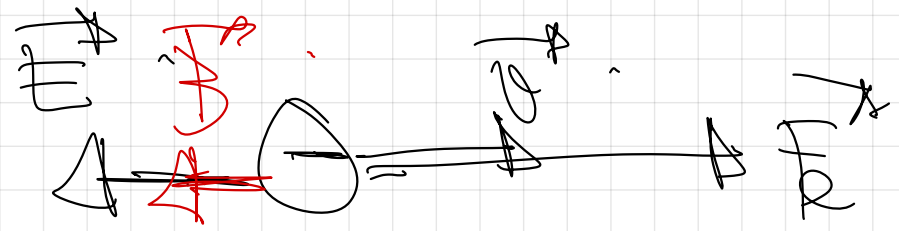


$M.R. [VA]$

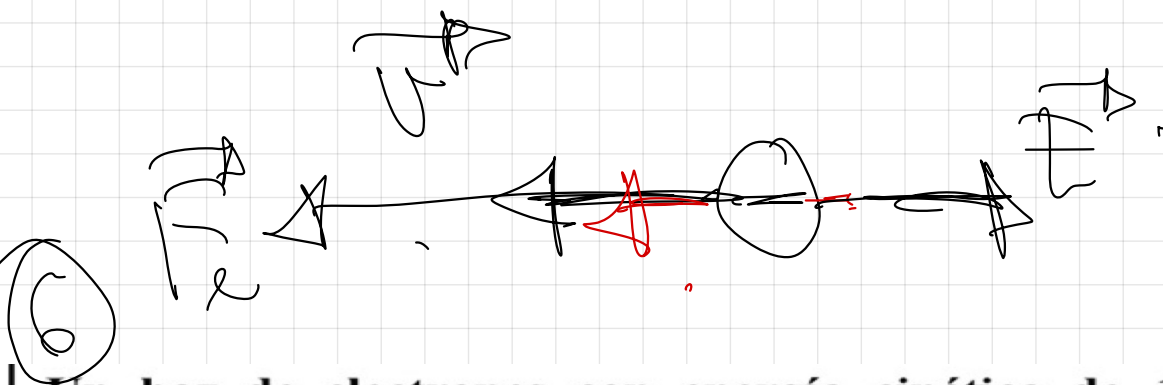
$$F_{\text{net}} = \sum F_i = 0 \Rightarrow 0$$

rectilinear

$$F = ma \Rightarrow F = 0 \Rightarrow F = m(a) \Rightarrow a = 0$$



$$F_{\text{net}} = \sum F_i = 0$$



Un haz de electrones con energía cinética de  $10^4$  eV, se mueve en un campo magnético perpendicular a su velocidad, describiendo una trayectoria circular de 25 cm de radio.

a) Con ayuda de un esquema, indique la trayectoria del haz de electrones y la dirección y sentido de la fuerza, la velocidad y el campo magnético. Calcule la intensidad del campo magnético.

b) Para ese mismo campo magnético explique, cualitativamente, cómo variarían la velocidad, la trayectoria de las partículas y su radio si, en lugar de electrones, se tratara de un haz de iones de  $\text{Ca}^{2+}$ .

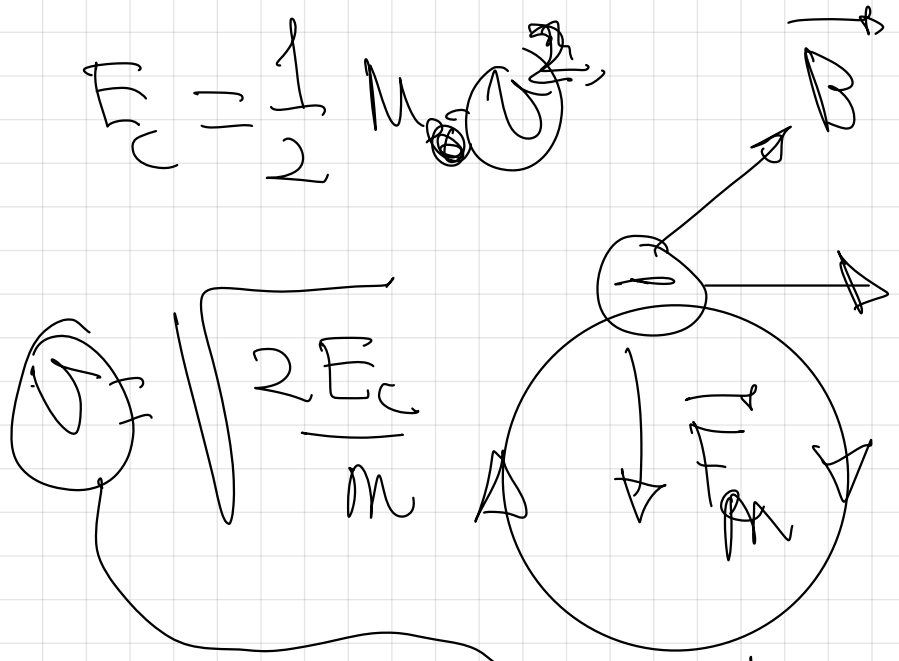
$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

FISICA. 2016. RESERVA 3. EJERCICIO 3. OPCIÓN B

$$10^4 \text{ eV} = 10^4 \text{ eV} \cdot \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 1.6 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

$$E_c = 1.6 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

$$F_c = \frac{1}{2} M \omega^2$$



GA

$$r = 25 \text{ cm}$$

$$F_m = F_n$$

$$G \cdot \omega = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

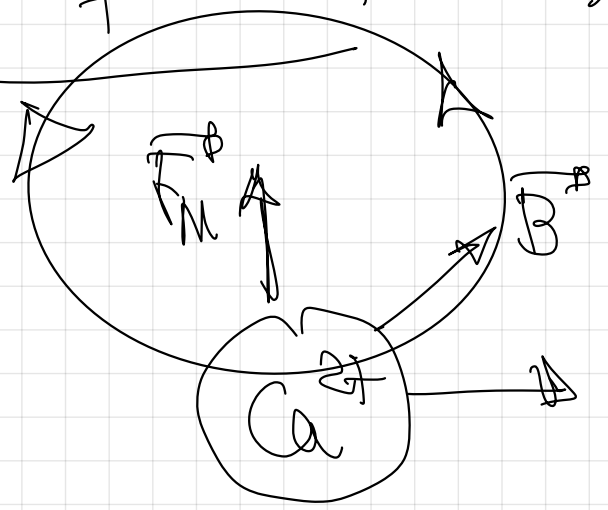
sentrodo  
horario

$$B = \frac{M \cdot \omega}{g \cdot r}$$

$$B = \frac{M \cdot \sqrt{\frac{2E_c}{m}}}{g \cdot r}$$

$$B = \frac{\sqrt{2E_c \cdot M^2}}{g \cdot r}$$

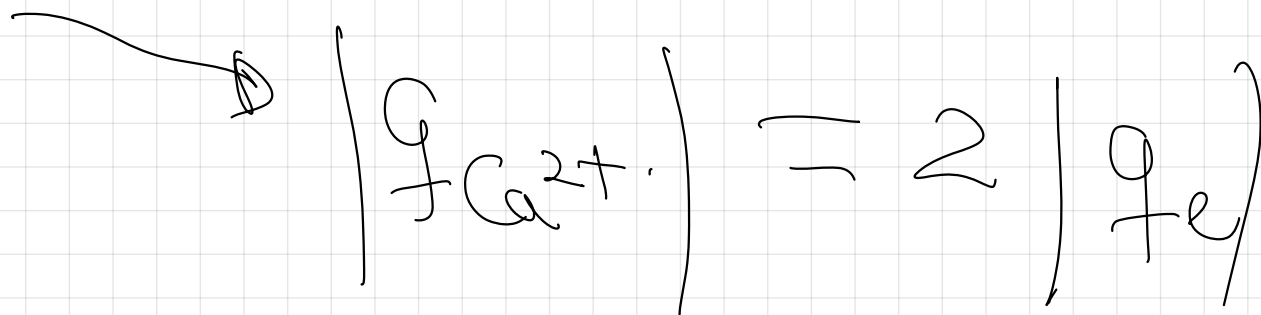
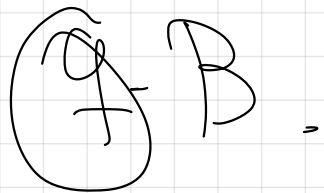
$$B = \frac{\sqrt{2E_c \cdot m}}{q \cdot r} = \frac{\sqrt{2 \cdot 16 \cdot 10^{-5} \cdot 91 \cdot 10^{-31}}}{16 \cdot 10^{-19} \cdot 2(25 \text{ nm})} = \boxed{35 \cdot 10^{-3} \text{ T}}$$



sentido antihorario,

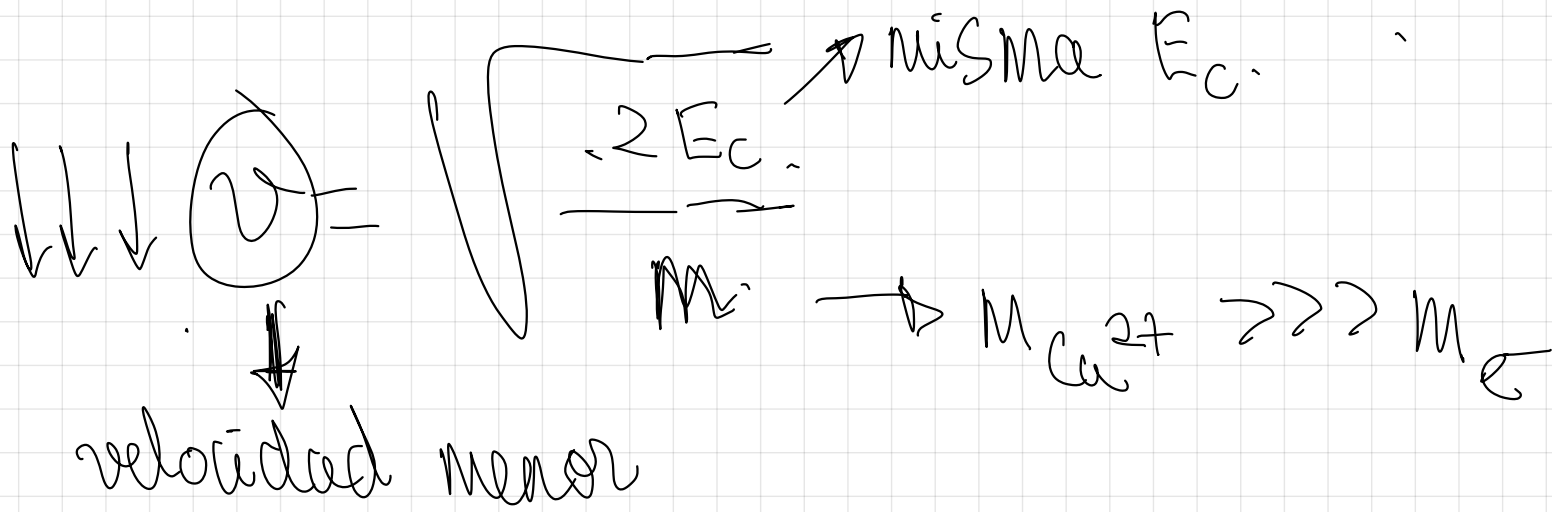
Haz de iones calcio con la misma  $E_c$ .

Para comparar radio, despejo radio.



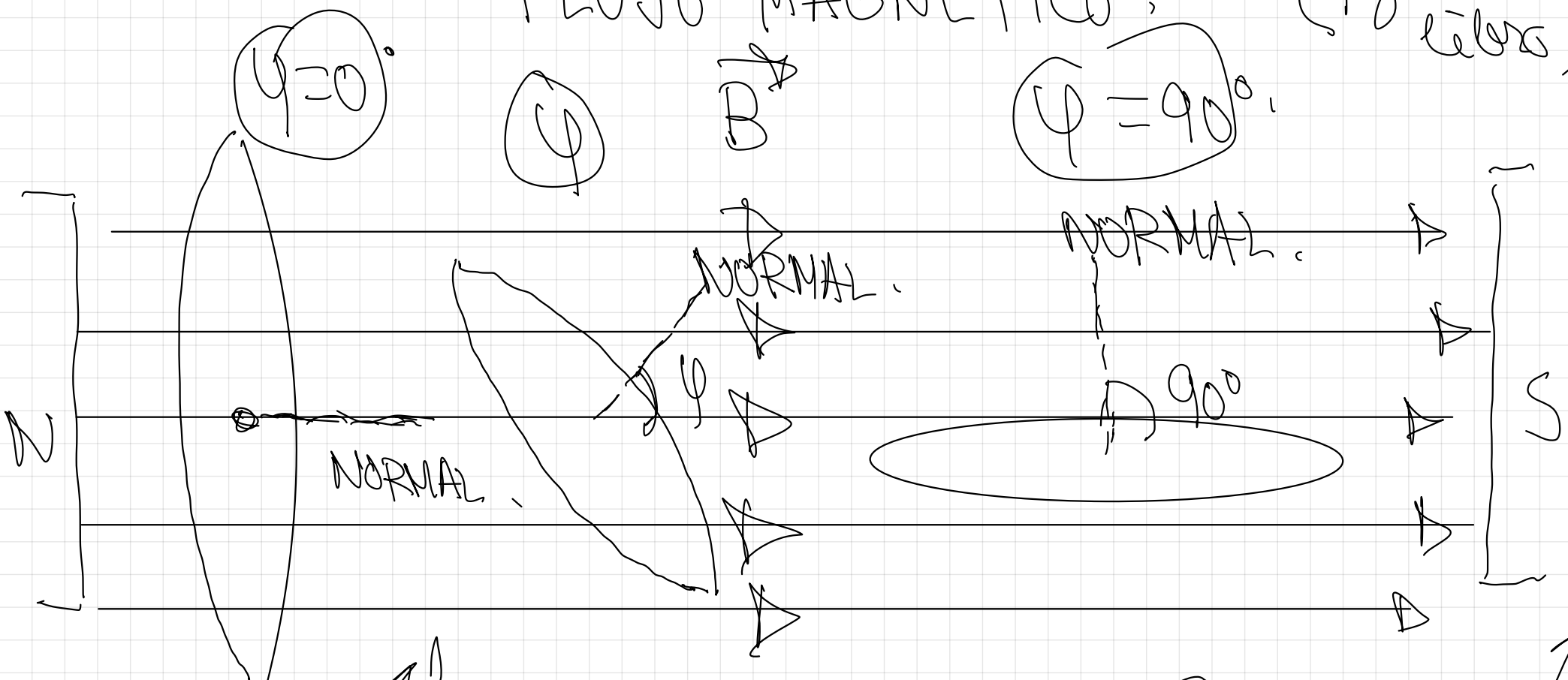
$E_c = \frac{1}{2} M v^2$

velocidad cambia  
 en módulo



# FLUJO MAGNÉTICO

(pag 89 del libro)



$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos 0^\circ$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \psi$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ$$

$$\Phi_{\text{max}} = B \cdot S$$

$\Phi$  menor  $\rightarrow$  Atravesada por menor número de líneas de campo

$\Phi = 0 \rightarrow$  No es atravesada por ninguna línea de campo

$$\Phi \Rightarrow T \cdot m^2 = Wb \text{ (Weber)}$$

FLUJO MAGNÉTICO  $\Rightarrow \Phi$

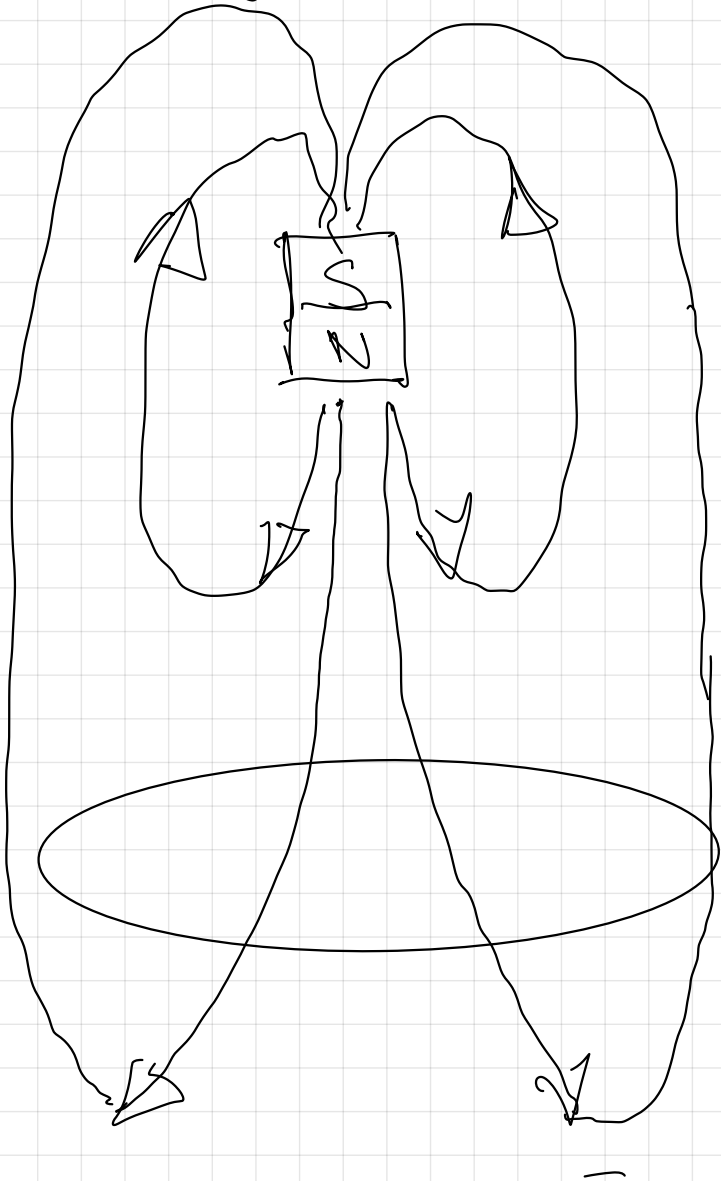
$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos \varphi$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \varphi \quad B \Rightarrow T.$$

$S \Rightarrow$  Superficie de la espira  
( $m^2$ )

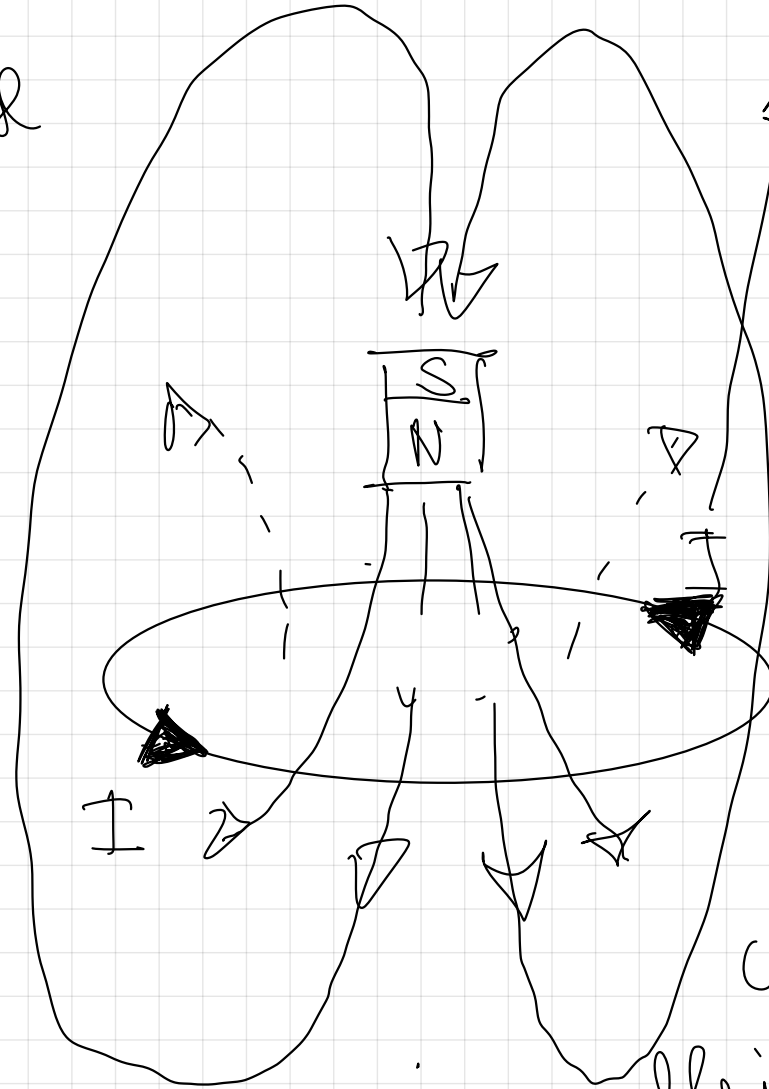
$\varphi \Rightarrow$  ángulo que forma la normal a la superficie de la espira con el campo  $B$

# Ley de Lenz (Ver páginas 90 y 91 del libro)



Imán  
acercándose

Aumento  
del  
flujo  
magnético  
inductor



Se crea una  
corriente  
inducida  
en la  
espira  
cuyo  
sentido  
será tal  
que se  
crea un

flujo magnético  
inducido que se  
oponga al flujo  
magnético inductor.

36.- Una espira atraviesa una región del espacio en la que existe un campo magnético uniforme, vertical y hacia arriba. La espira se mueve en un plano horizontal.

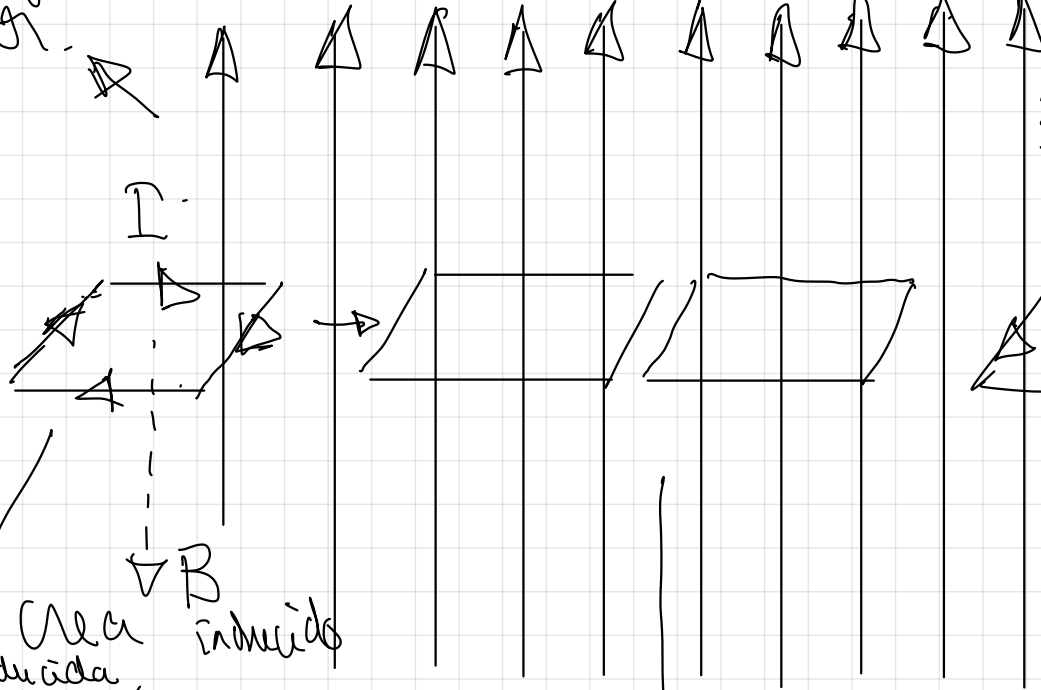
Explicar si circula corriente o no por la espira en los siguientes casos, indicando el sentido de la corriente en los casos en los que exista:

- a) Cuando la espira está penetrando en la región del campo
- b) Mientras la espira se mueve en dicha región
- c) Cuando la espira está saliendo de dicha región

Ver la solución al detalle en el libro

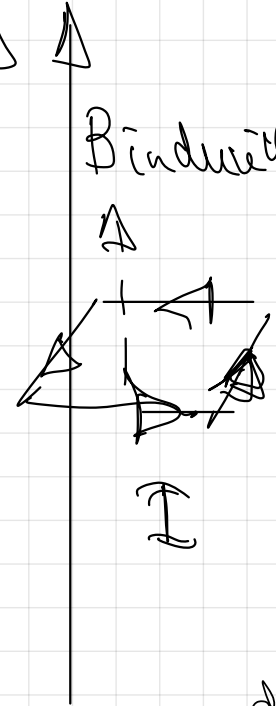
Flujo magnético  $B_{inductor}$  inductor.

a)



ley de Lenz:  
La espira crea una corriente inducida siendo el sentido de la corriente  $I$  aquel que crea un flujo magnético inducido que se opone al incremento del flujo magnético inductor.

$B_{inductor}$

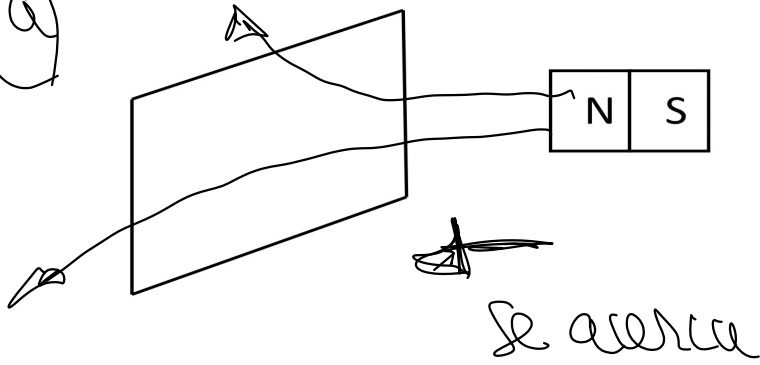


b) Mientras se mueve por dicha región según el flujo ( $n^\circ$  de líneas de campo que la atraviesan) no varía y no hay corriente inducida.

c) Cuando está saliendo del campo el flujo magnético inducido disminuye, y según la ley de Lenz se crea una  $I$  de corriente que crea el flujo magnético inducido para oponerse al hecho de la disminución de las líneas de campo que la atraviesan (disminución del flujo magnético inductor).

37.-

a)



Una persona mueve un imán de barra situado frente a una espira fija como se ve en la figura. Indicar el sentido de la corriente inducida:

- a) Al acercar el imán a la espira fija
- b) Al alejar el imán de la espira fija

(ver la solución del libro)

flujo magnético  
inductor en  
aumento

ley de Lenz.  
Al haber cambio de flujo existe corriente inducida con el sentido indicado.

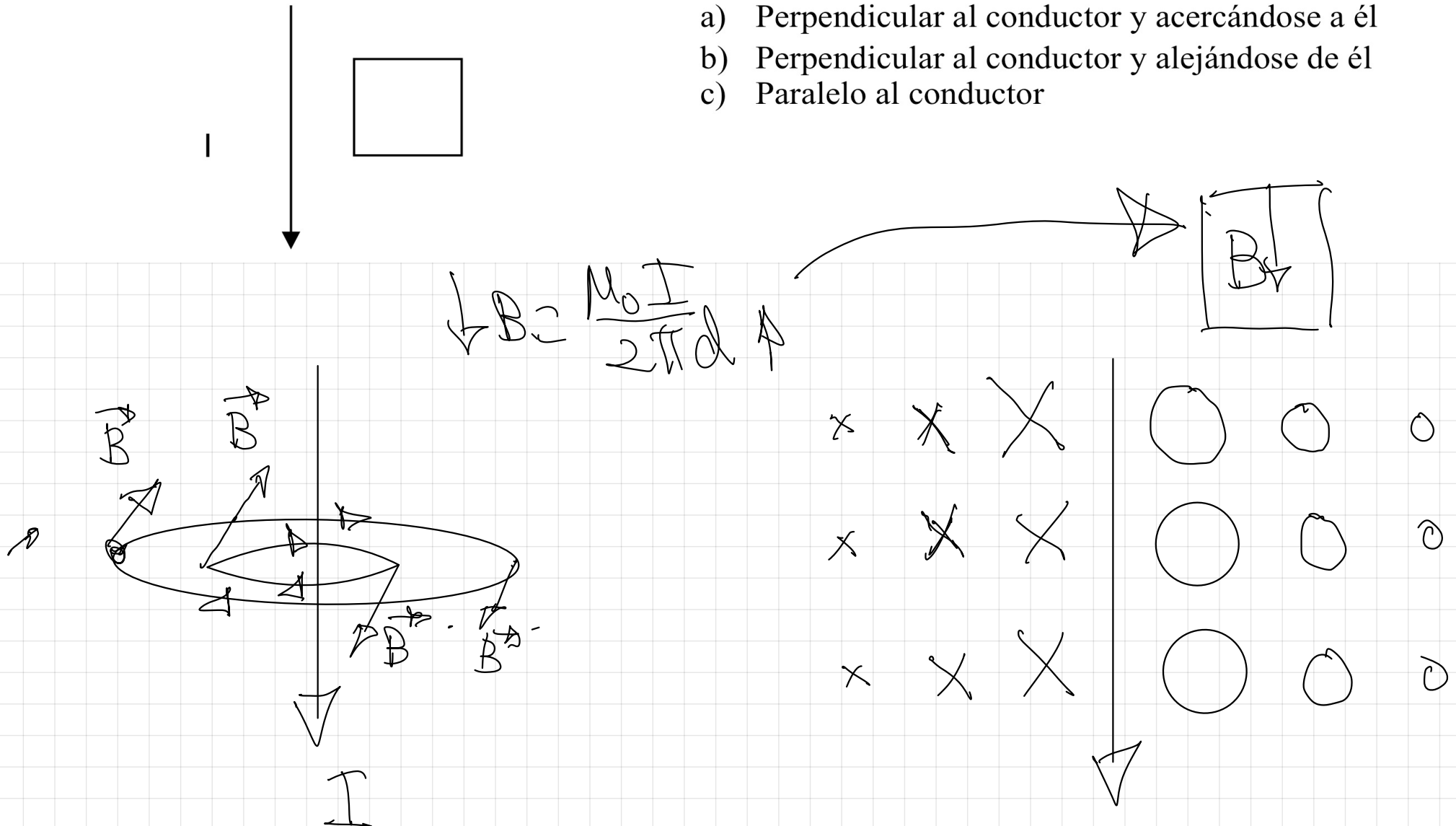
b)

flujo magnético  
inductor en  
disminución

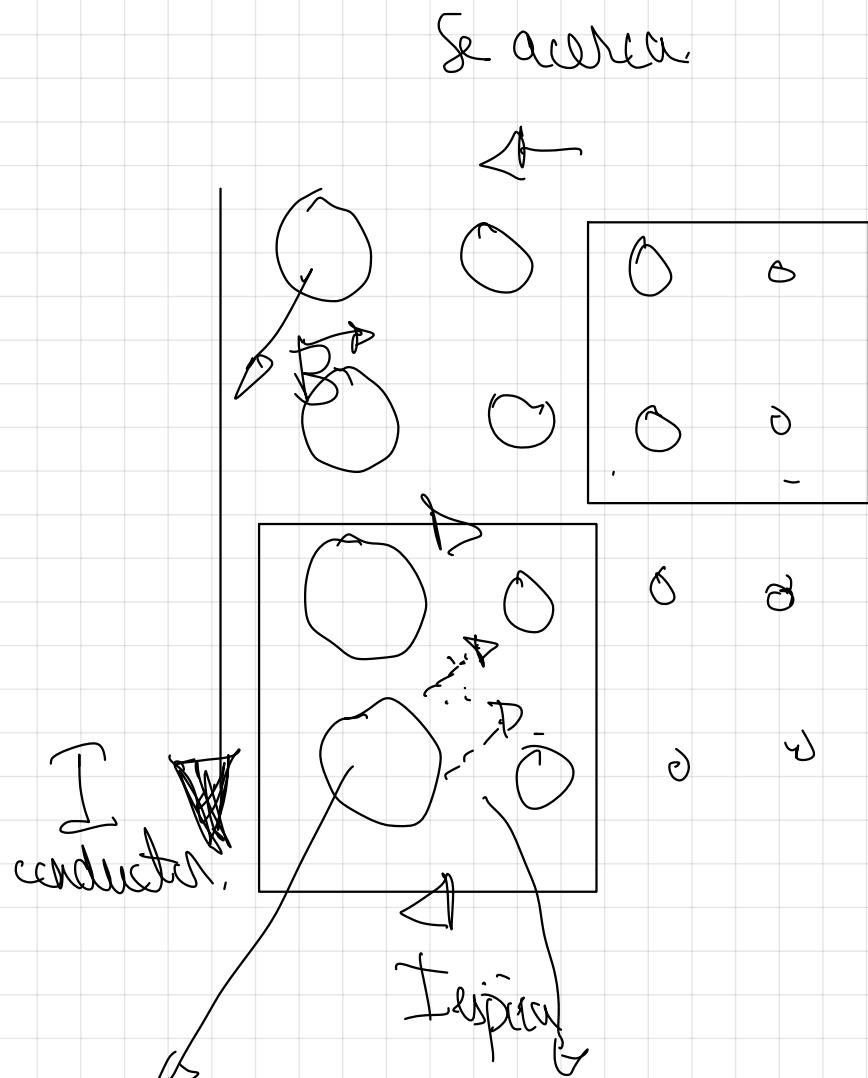
ley de Lenz.  
Para oponerse se crea I en el sentido indicado

38.- Por el conductor rectilíneo e indefinido de la figura circula una corriente eléctrica de intensidad  $I$  en el sentido indicado. Una espira cuadrada se mueve manteniéndose coplanaria con el conductor. Determinar el sentido de la corriente inducida en la espira cuando su movimiento es:

- Perpendicular al conductor y acercándose a él
- Perpendicular al conductor y alejándose de él
- Paralelo al conductor



a)

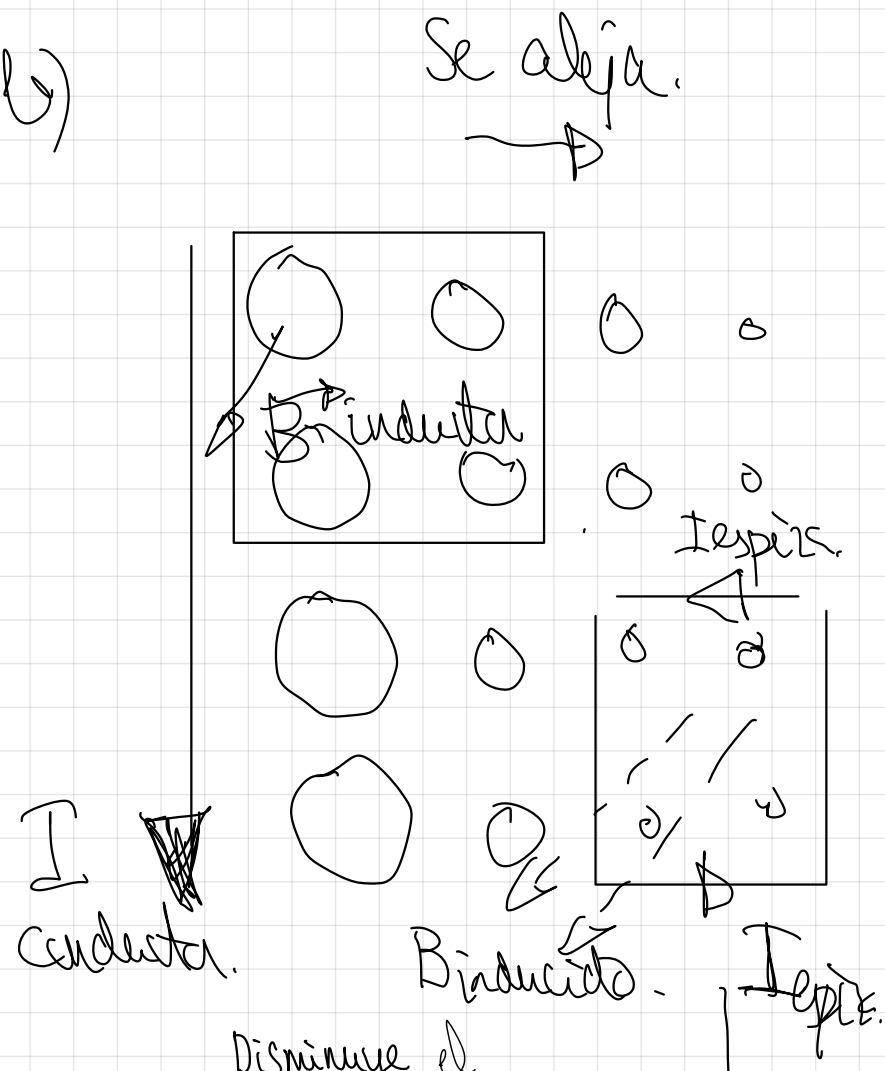


Aumenta el flujo magnético inductor

$$\uparrow B = \frac{\mu_0 I_{conductor}}{2\pi d}$$

Se crea la corriente inducida creando un flujo magnético inducido que se opone al aumento del inductor

b)



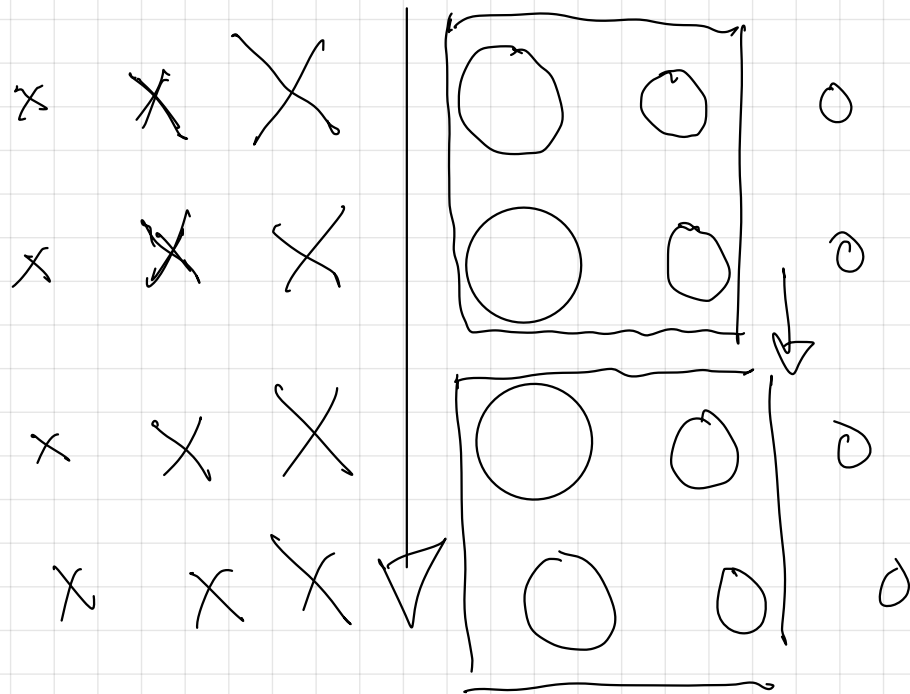
Disminuye el flujo magnético inductor

$$\downarrow B = \frac{\mu_0 I_{conductor}}{2\pi d}$$

Se crea la corriente inducida creando un flujo magnético inducido que se opone a la disminución del flujo magnético inductor

c)

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} = \text{cte.}$$

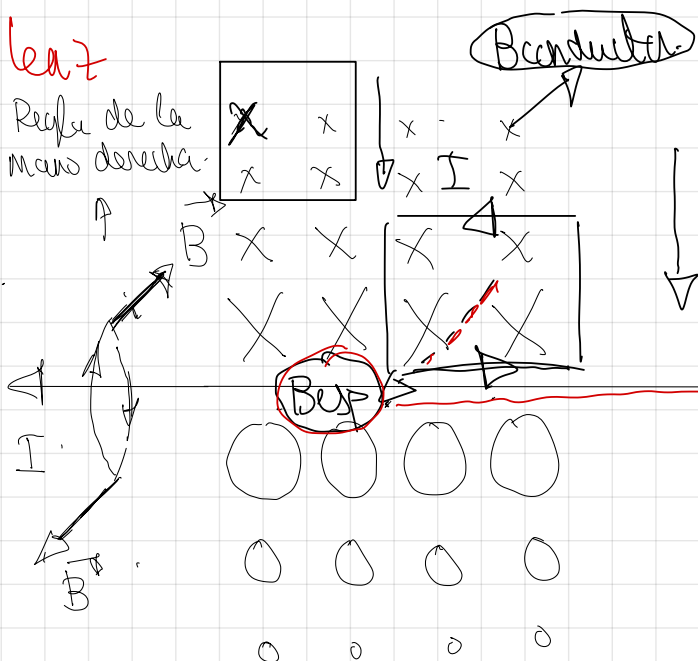


No hay variación  
del flujo magnético,  
luego no existe  
corriente inducida.

Ejemplo aparte puesto en clase  
en la siguiente página.

ley de leitz

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$



→ aumento del flujo magnético inductor.

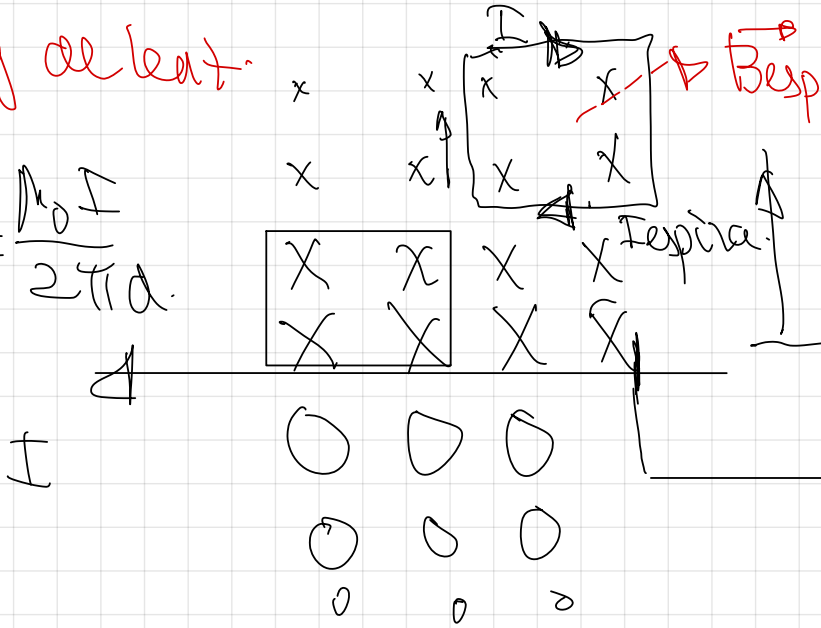
Espira acercándose

Campo magnético creado por el conductor entrante

Campo magnético creado por la espira saliente

ley de leitz.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$$



→ la espira crea mediante su I de corriente un campo magnético entrante para oponerse a la disminución del flujo magnético inductor

Espira alejándose

→ Existe disminución del flujo magnético inductor.

→ Campo magnético creado por el conductor entrante

Teoría → ley de Faraday (pag 92 del libro)

40.- Una espira circular plana de  $10^{-2}$  m de radio está situada en un campo magnético de 0,6 T cuyas líneas de fuerza son perpendiculares a la superficie de la espira

a) Calcula el flujo magnético que atraviesa la espira

b) Calcula la fuerza electromotriz media inducida en la espira suponiendo que, manteniendo la espira fija, el campo magnético varíe, pasando su valor a ser de 0,6 T a ser de 0,3 T en 0,2 s

b) Calcula la fuerza electromotriz media inducida en la espira suponiendo que, manteniendo el campo magnético uniforme de 0,6 T, la espira gire  $60^\circ$  en torno a un eje perpendicular al campo al cabo de 0,2 s

a)

NORMAL  
 $B = 0,6 \text{ T}$   
 inicial

$\Delta t = 0,2 \text{ s}$

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

b)

$\varphi = 0^\circ$   
 $B = 0,3 \text{ T}$

Superficie de un círculo

$\Phi_{\text{inicial}} = B \cdot S \cdot \cos \varphi$   
 $\Phi_{\text{inicial}} = 0,6 \text{ T} \cdot 10^{-4} \pi \text{ m}^2 \cdot \cos 0^\circ$

$\Phi_{\text{final}} = B \cdot S \cdot \cos \varphi$   
 $\Phi_{\text{final}} = 0,3 \text{ T} \cdot 10^{-4} \pi \text{ m}^2$

$I_{\text{gr}}$

$$a) \Phi = 188 \cdot 10^{-4} \text{ T} \cdot \text{m}^2 = \text{Vs}$$

initial

$$\Phi = 9142 \cdot 10^{-5} \text{ T} \cdot \text{m}^2 = \text{Vs}$$

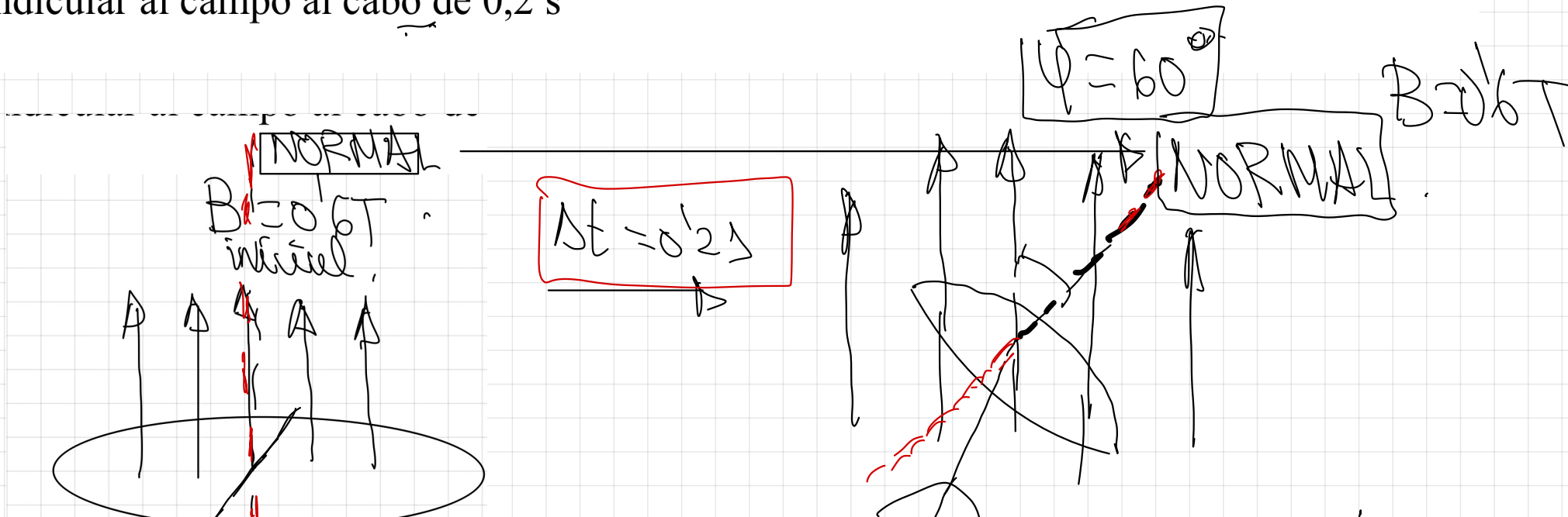
final

$$b) E_{\text{media}} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_{\text{final}} - \Phi_{\text{initial}}}{\Delta t}$$

$$E_{\text{media}} = \frac{9142 \cdot 10^{-5} - 188 \cdot 10^{-4}}{0.2} \frac{\text{Vs}}{\text{s}} = \text{Volts}$$

$$E_{\text{media}} = +469 \cdot 10^{-4} \text{ V}$$

b) Calcula la fuerza electromotriz media inducida en la espira suponiendo que, manteniendo el campo magnético uniforme de 0,6 T, la espira gire  $60^\circ$  en torno a un eje perpendicular al campo al cabo de 0,2 s



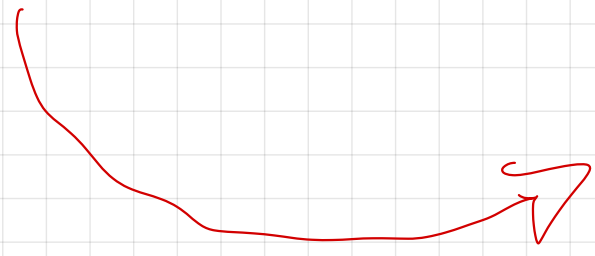
Se gira  $60^\circ$  y por tanto la normal girará  $60^\circ$  siendo  $\psi = 60^\circ$  el ángulo que forma con el campo magnético vertical.

$$\Phi_{\text{inicial}} = 1,88 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\Phi_{\text{final}} = B \cdot S \cdot \cos 60^\circ$$

$$\Phi_{\text{final}} = 0,6 \text{ T} \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 0,5$$

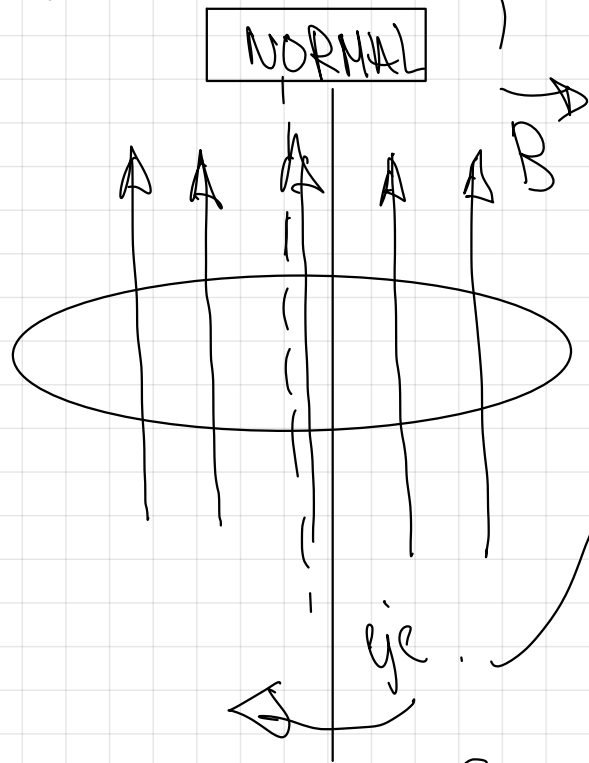
$$\Phi_{\text{final}} = 0,3 \cdot 10^{-4} \text{ T} \cdot \text{m}^2$$



↑ ley de Faraday

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi}{\text{media } \Delta t} = - \frac{\Phi_{\text{final}} - \Phi_{\text{inicial}}}{\Delta t} = - \frac{9'42 \cdot 10^{-5} - 1'88 \cdot 10^{-4}}{0,2} = + 4'69 \cdot 10^{-4} \text{ V}$$

Observaciones aparte del mismo ejercicio en se apartado c)



Si la esfera se hubiese girado en torno a un eje paralelo al campo  $\vec{B}$  no cambiaría el número de líneas de campo que la atraviesan y tampoco el flujo magnético, por ello no existiría corriente inducida.

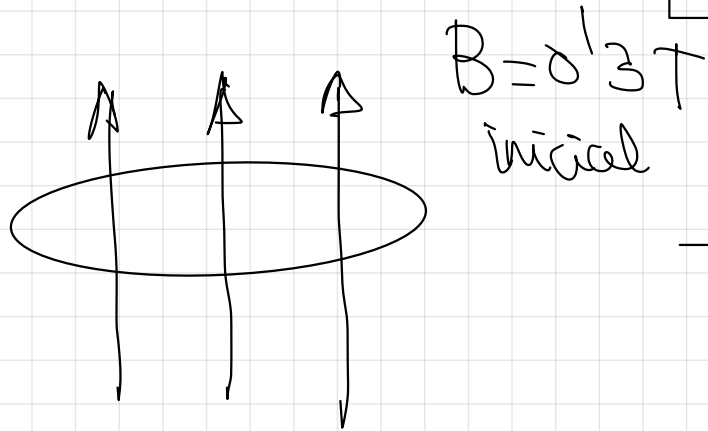
$$\Phi_{\text{inicial}} = \Phi_{\text{final}}$$

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 0 \rightarrow \text{no corriente inducida.}$$

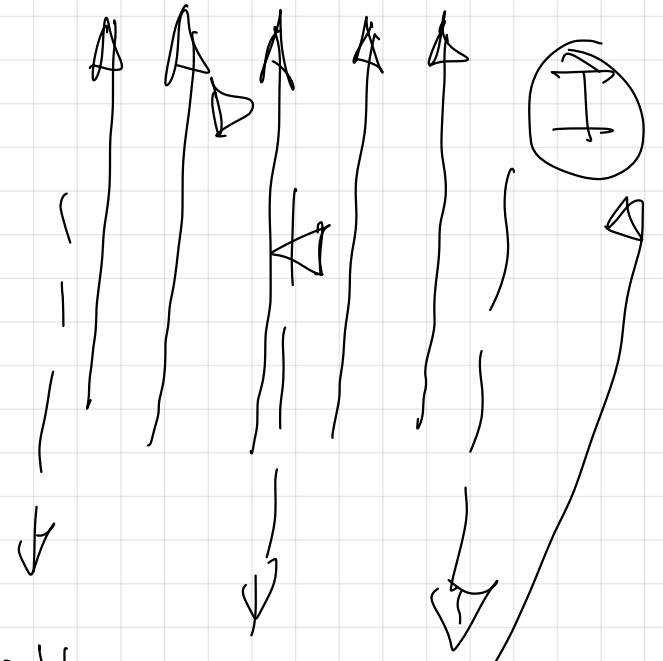
Traducido matemáticamente

Observaciones aparte del mismo ejercicio se se apartado b)

Si la situación fuese a la inversa.



$B_{\text{final}} = 0.6 \text{ T}$



$$\mathcal{E} = \frac{\Phi_{\text{final}} - \Phi_{\text{inicial}}}{\Delta t} = (+) 4.69 \cdot 10^{-4} \text{ V}$$

Nos indicara que la corriente inducida crea el sentido contrario ya que hemos descrito una situación opuesta (aumento del flujo magnetico inductor)

42. Una espira cuadrada de 5 cm de lado se encuentra en el interior de un campo magnético uniforme, de dirección normal al plano de la espira y de intensidad variable con el tiempo  $B = 2t^2$  T

- a) Deduzca la expresión del flujo magnético a través de la espira en función del tiempo  
 b) Represente gráficamente la fuerza electromotriz inducida en función del tiempo y calcule su valor para  $t=4$ s

$l = 5 \text{ cm}$

NORMAL  $\psi$

$B = 2t^2 \text{ (T)}$

$B \uparrow$

$E \text{ (V)}$

$S = l \cdot l$   
 $S = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2}$   
 $S = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \psi$

$\Phi = 2t^2 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 0^\circ$

$B$

$t$

The diagram shows a square loop with side length  $l = 5 \text{ cm}$  in a uniform magnetic field  $B$  pointing upwards. The normal to the loop's surface is also upwards, making an angle  $\psi$  with the field. The induced EMF  $E$  is shown as a vector along one side of the loop. A box contains the calculation for the area  $S = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ . To the right, a graph shows the magnetic field  $B$  increasing quadratically with time  $t$ .

$$\Phi = 5 \cdot 10^{-3} t^2 \quad (\text{T} \cdot \text{m}^2) \quad \text{W/s}$$

Law of Faraday

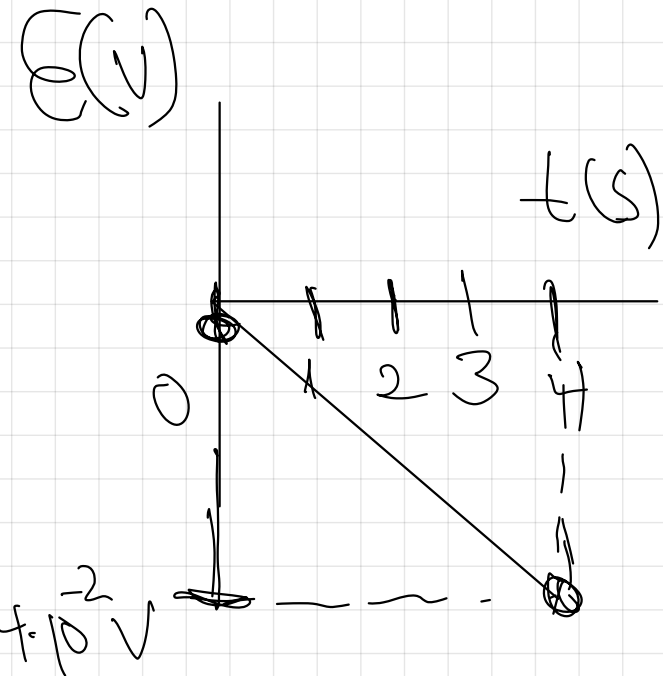
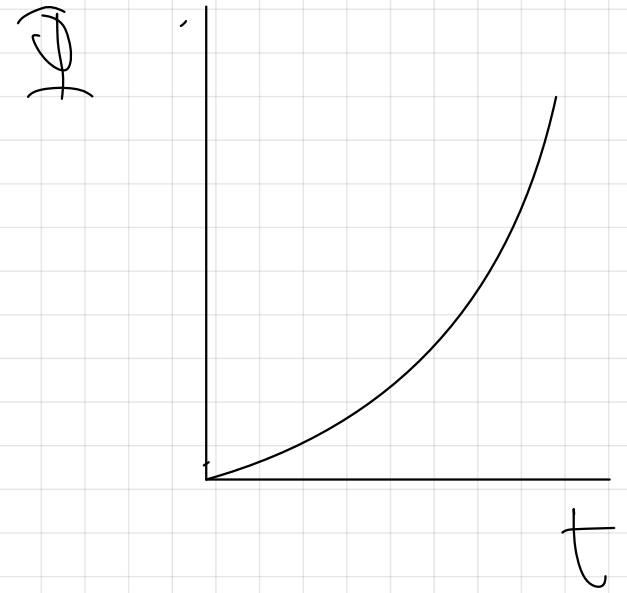
$$b) \quad \mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = -5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot t \quad (\text{V})$$

$$\mathcal{E} = -10^{-2} t \quad (\text{V})$$

$$\mathcal{E}(t) = -10^{-2} t \quad (\text{V})$$

$$t=4\text{s} \Rightarrow \mathcal{E}(t=4\text{s}) = -10^{-2} \cdot 4 \quad (\text{V})$$

$$\mathcal{E} = -4 \cdot 10^{-2} \text{ V}$$



46.- A una espira circular de radio  $r=5$  cm que descansa en un plano horizontal se le aplica en un intervalo de tiempo de 5 segundos un campo magnético variable con el tiempo y de valor  $B=0,1$  t (T) vertical y hacia arriba

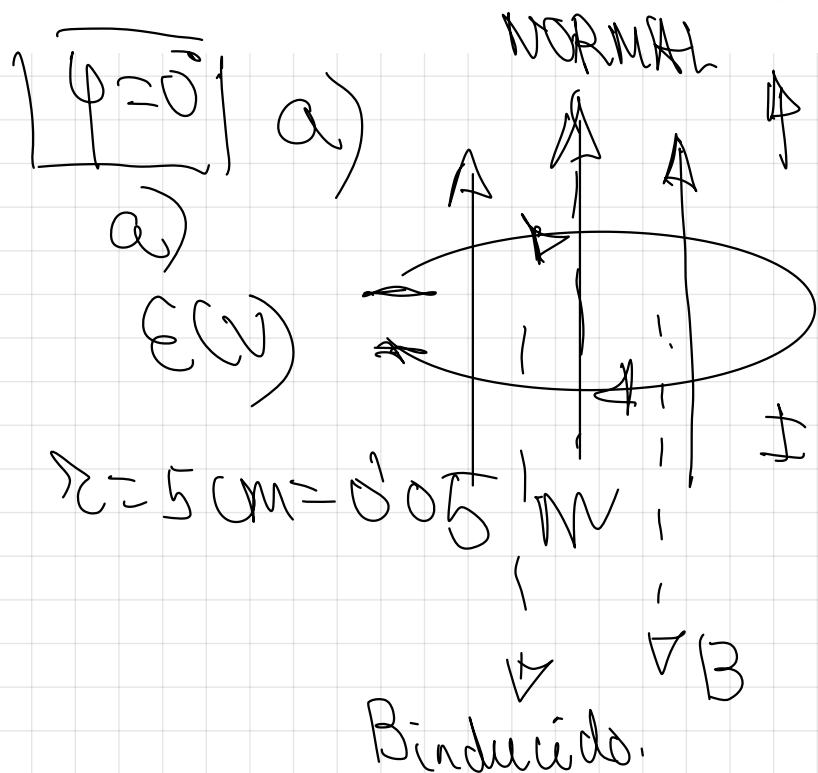
a) Represente el flujo magnético que atraviesa la espira en función del tiempo y calcule el flujo magnético máximo.

b) Represente la f.e.m inducida en función del instante  $t$  y dibuje el sentido de la corriente inducida.

c) Repita el apartado b) en el supuesto de que el campo magnético variable cambie de sentido.

d) Repita los apartados a) y b) en el supuesto de que la espira sometida al campo magnético variable estuviese en el plano del papel.

e) Suponiendo que la espira estuviese situada en un plano horizontal y sometida a un campo magnético uniforme, ¿existiría corriente inducida? . En caso negativo, explicar la manera de obtenerla. Citar una posible aplicación de dicha inducción electromagnética



$$B = 0,1 t \text{ (T)}$$

VER SOLUCIÓN POR EL LIBRO TAMBIÉN

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \varphi$$

$$\Phi = 0,1 t \cdot \pi r^2 \cdot \cos 0^\circ$$

$$\Phi(t) = 0,1 t \cdot \pi \cdot (0,05)^2 \text{ (Wb)}$$

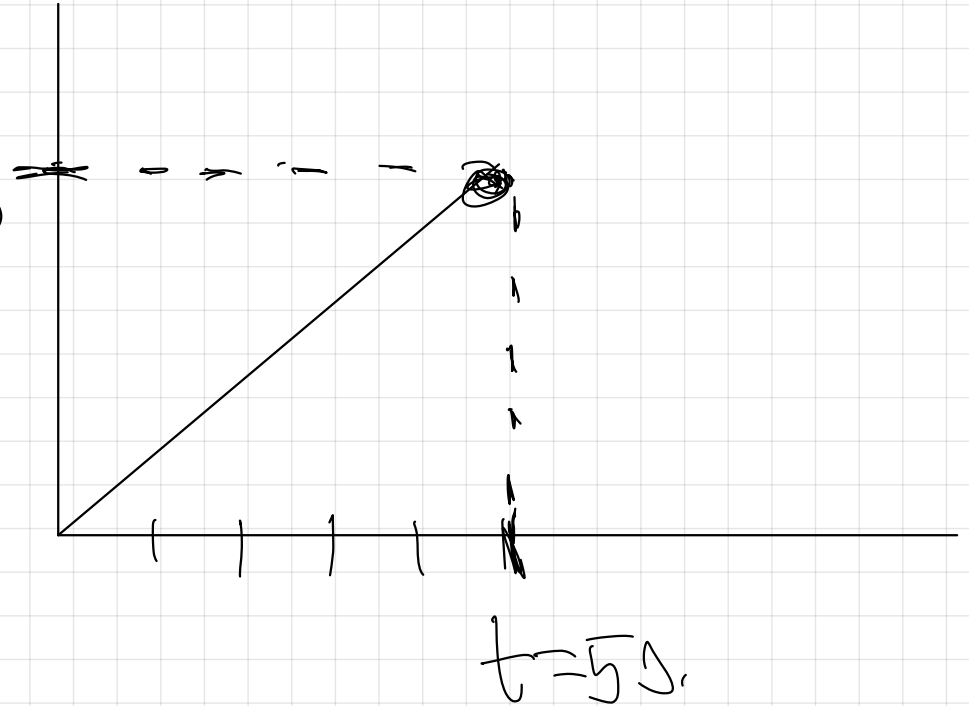
$$\Phi(t) = 2,5 \pi \cdot 10^{-4} t \quad (\text{Vs})$$

$\Phi$  (Vs)

$t=5\text{s}$   $\Phi_{\text{max}} = 1,25 \cdot 10^{-3} \pi \text{Vs}$

$$\Phi(t=5\text{s}) = 2,5 \pi \cdot 10^{-4} \cdot 5 \text{Vs}$$

$$\Phi(t=5\text{s}) = 1,25 \cdot 10^{-3} \pi \text{Vs} = \Phi_{\text{max}}$$

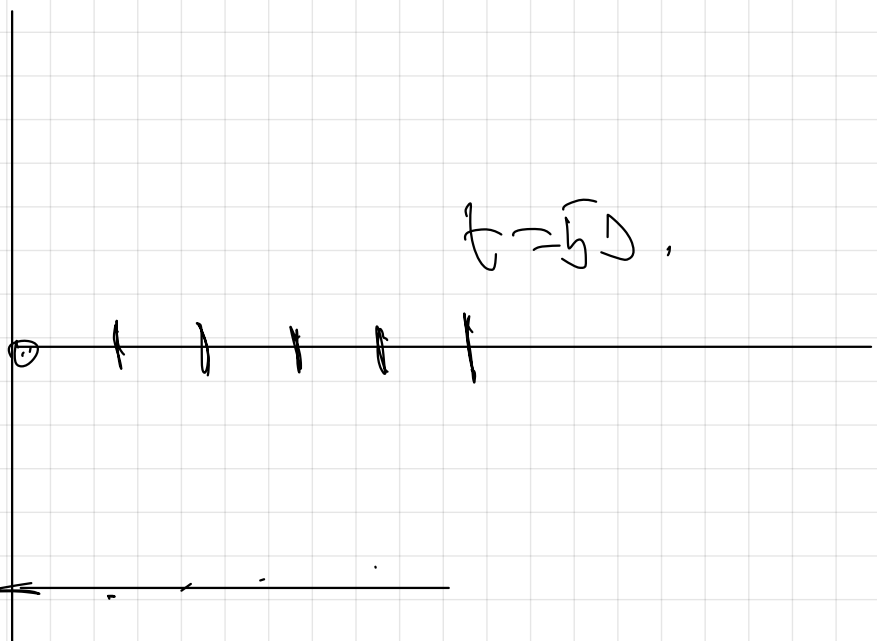


b)  $\Phi(t) = 2,5 \pi \cdot 10^{-4} t \quad (\text{Vs})$

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = -2,5 \pi \cdot 10^{-4} \quad (\text{V})$$

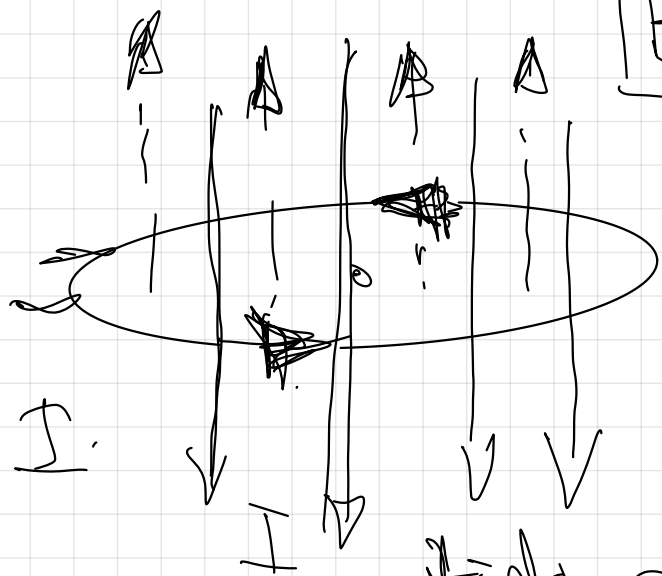
$\mathcal{E}(t)$

$t = 50.$



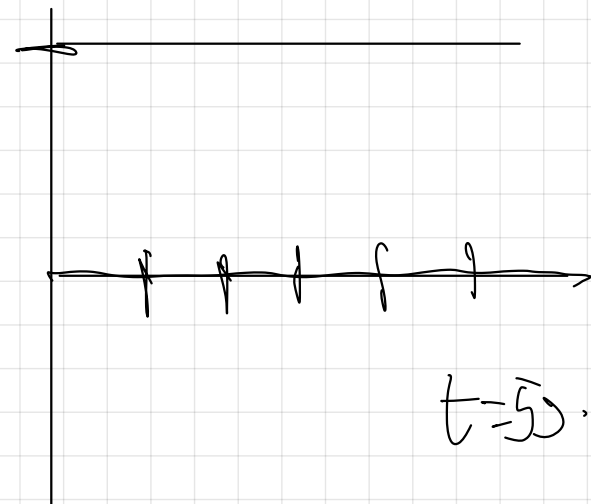
$-2.5\pi \cdot 10^{-4} \text{ V}$

c)



$B = 0.1 \text{ T} (+)$

$2.5\pi \cdot 10^{-4} \text{ V}$



$t = 50.$

$t(s)$

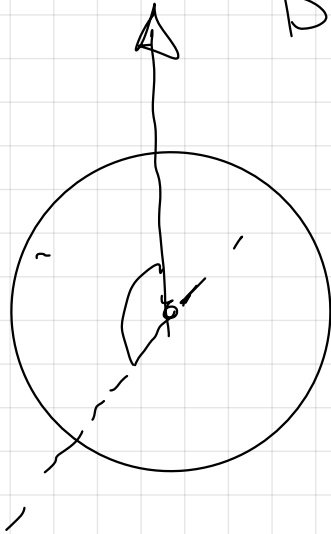
$\mathcal{E} = 2.5\pi \cdot 10^{-4} \text{ (V)}$

sentido contrario em

a)

$$B = 0.1 \text{ T} \uparrow$$

$$\varphi = 90^\circ$$



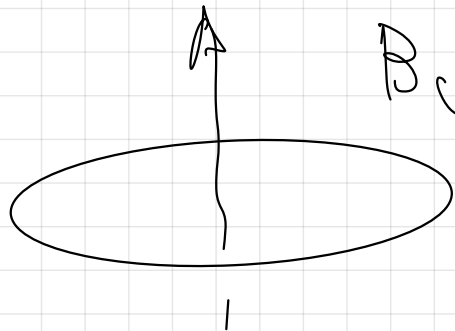
NORMAL

$$|\Phi| = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ$$

$$|\Phi| = 0$$

$$\mathcal{E} = 0 \text{ V}$$

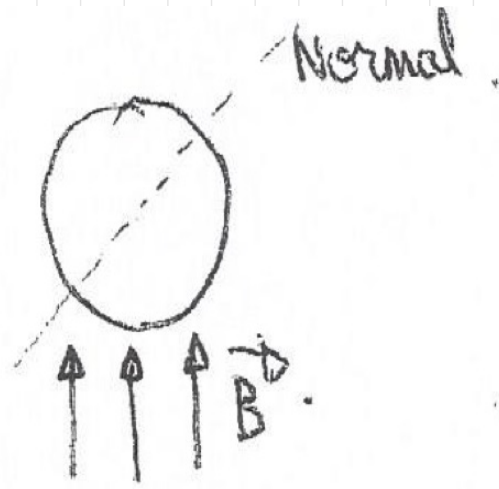
b)



B uniform  $\Rightarrow \mathcal{E} = 0 \text{ V}$

$$|\Phi| = B \cdot S \cdot \cos \varphi \quad (\text{N.D.})$$

d)



$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos 90 = 0$$

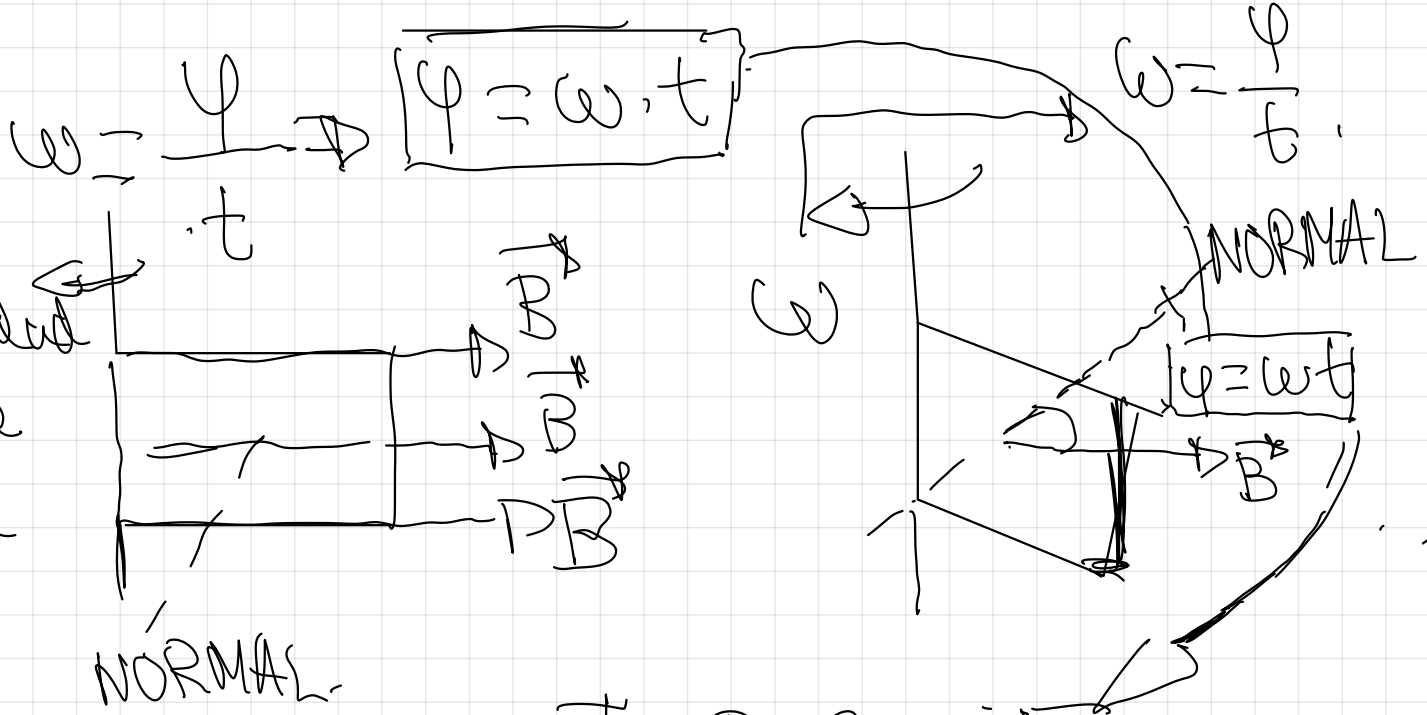
El flujo magnético que atraviesa la espira será nulo en cualquier instante, y por ello no se generará ni f.e.m. ni corriente inducida.

e) No, ya que al ser el campo magnético uniforme, no habría variación del flujo magnético, y por tanto no existiría corriente inducida.

$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$  Para obtener corriente inducida tendríamos que conseguir que el flujo variase, bien sea por la aplicación de un campo magnético variable, bien sea por la modificación de la superficie de la espira, bien sea por la modificación del ángulo  $\alpha$  mediante la rotación en torno a un eje adecuado. Aplicación: generador de corriente alterna (ver teoría)

# GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNIA

MIRAR PRIMERO LA PAG 93 DEL LIBRO



$\omega \Rightarrow$  velocidad angular de giro en la espira.

ley de Faraday

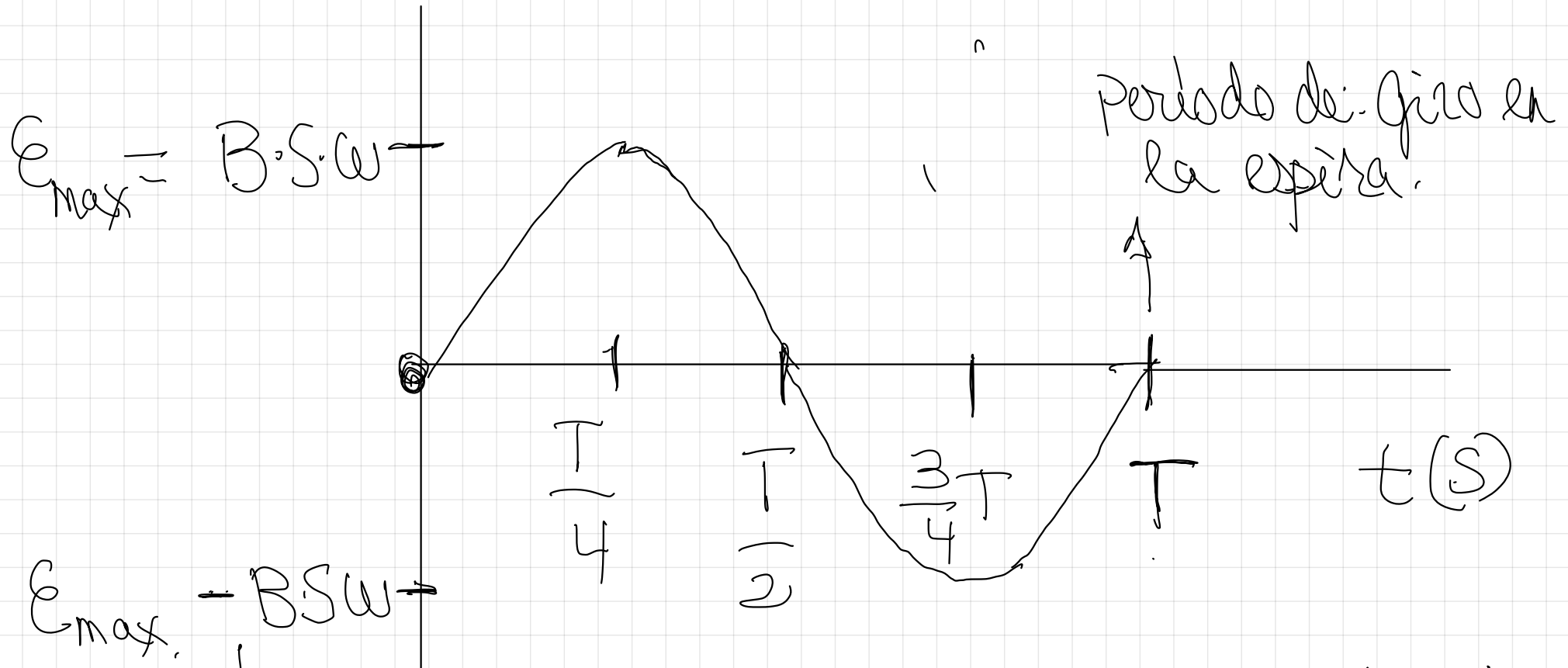
$$E = - \frac{d\Phi}{dt} = - [B \cdot S \cdot (-\text{sen}(\omega t)) \omega]$$

Hay cambio de signo ya que  $\Phi$  variará con el tiempo  $t$  al moverse la espira

$$e(t) = \boxed{B \cdot S \cdot \omega} \cdot \sin(\omega t)$$

$E(V)$

$$\rightarrow E_{\max} = \pm B S \omega$$



La corriente cambiará de sentido (corriente alterna) ya que en ciertos instantes el flujo irá en aumento, mientras que en otros irá en disminución.

43.- Una espira rectangular de  $4 \text{ cm}^2$  de área gira dentro de un campo magnético uniforme de  $0,5 \text{ T}$  en torno a uno de sus lados con una velocidad de rotación  $\omega$

a) Dar la expresión de la fuerza electromotriz inducida en función de  $\omega$  y del instante  $t$  dato

b) Si la fuerza electromotriz máxima es de  $0,05 \text{ V}$ , ¿Cuánto valdrá  $\omega$ ? ¿Cuál será la frecuencia de la rotación de la espira?, ¿Cuál será el período de rotación de la espira?

The diagram shows a rectangular coil of area  $S = 4 \text{ cm}^2$  rotating with angular velocity  $\omega$  around one of its sides. A uniform magnetic field  $B$  is applied vertically downwards. The normal to the coil's surface is shown at an angle  $\varphi$  to the vertical. The induced EMF is labeled as  $\mathcal{E}$ . The diagram also shows the coil's rotation over time  $t$ , with the angle  $\varphi = \omega \cdot t$ .

MCU

$S = 4 \text{ cm}^2$

$\omega$

$B$

NORMAL

$\varphi$

$B$

$\omega$

$\mathcal{E}$

$\omega = \frac{\varphi}{t} \Rightarrow \varphi = \omega \cdot t$

$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\varphi)$

$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\omega t)$

Ley de Faraday

$\mathcal{E}_{\text{instantánea}} = - \frac{d\Phi}{dt}$

$$\text{E}_{\text{instantanea}} = -B \cdot S \cdot [-\text{sen}(\omega t)] \cdot \omega$$

$$\text{E}_{\text{instantanea}} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$4 \text{ cm}^2 \cdot \frac{1 \text{ m}^2}{10^4 \text{ cm}^2} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$e(t) = 0,5 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$e(t) = 2 \cdot 10^{-4} \omega \cdot \text{sen}(\omega t)$$

$$b) \quad \overline{E_{\text{max}} = 0,5 \text{ V}}$$

$$\epsilon_{\text{instantanea}} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$\epsilon_{\text{max}} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$\uparrow \pm 1$

$$\epsilon_{\text{max}} = \pm B \cdot S \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{\epsilon_{\text{max}}}{B \cdot S} = \frac{0,05 \text{ V}}{0,5 \text{ T} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 250 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega = \frac{\phi}{t} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \text{ rad}}{250 \text{ rad/s}} = 0.025 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.025} = 40 \text{ Hz}$$

Otra forma

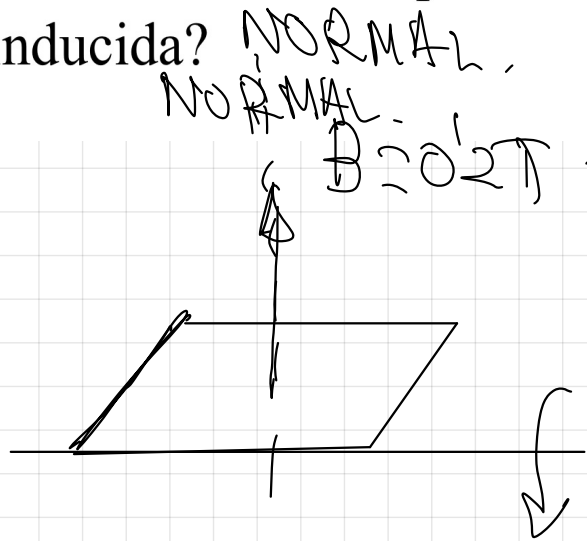
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot \frac{1}{T} = 2\pi f$$

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{250} = 40 \text{ Hz}$$

44.- Una espira rectangular de área  $50 \text{ cm}^2$  se hace girar en torno a uno de sus lados en una región en la que existe un campo magnético uniforme de  $0,2\text{T}$ .

a) Determine el valor del flujo magnético a través de la espira cuando su vector de superficie forma con el campo magnético  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  y  $90^\circ$ . ¿Cuál debería ser la velocidad angular de la espira para que se genere en ella una fuerza electromotriz inducida máxima de  $20 \text{ mV}$ ?

b) ¿Qué cambios habría que introducir en la experiencia para duplicar dicha f.e.m máxima inducida?

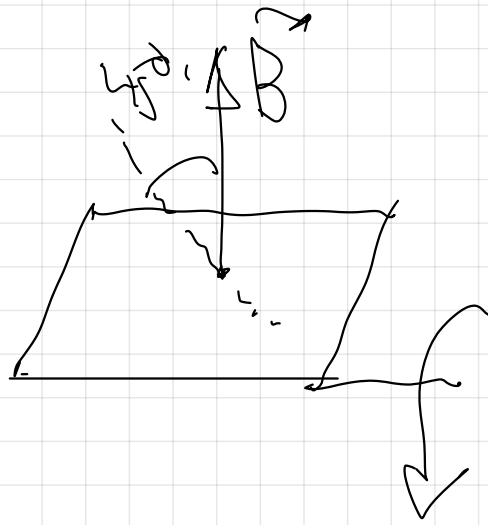


El ángulo que forma la normal al plano de la espira y el campo

$0^\circ \Rightarrow \Phi_{\text{max}} = B \cdot S \cdot \cos 0^\circ =$

$\Phi_{\text{max}} = 0,2\text{T} \cdot 50 \cdot 10^{-4} \text{m}^2 = 10^{-3} \text{T} \cdot \text{m}^2 = 10^{-3} \text{Wb} \cdot (\text{T} \cdot \text{m}^2)$

45° →



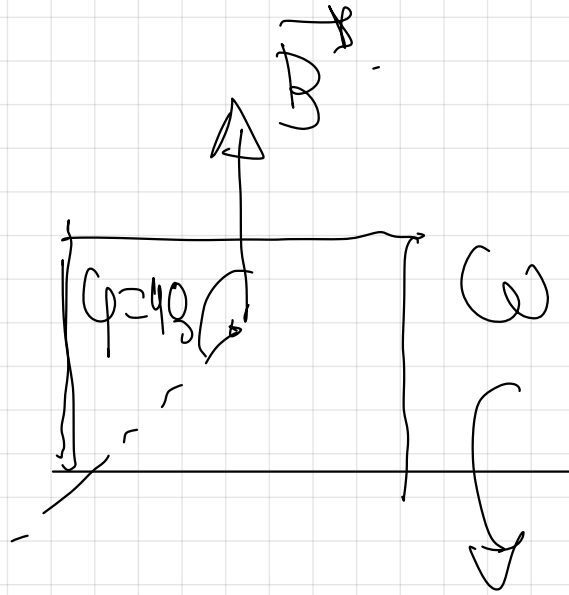
$$\varphi = 45^\circ$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos 45^\circ$$

$$\Phi = 0.2 \text{ T} \cdot 50 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\Phi_{\text{max}} = 7 \cdot 10^{-6} \text{ Wb} \quad (\text{T} \cdot \text{m}^2)$$

90° →



$$\varphi = 90^\circ$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ$$

$$\Phi_{\text{min}} = 0 \text{ Wb} \quad (\text{T} \cdot \text{m}^2)$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\varphi)$$

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\omega t)$$

$$\varphi = \omega \cdot t$$

# ley de Faraday

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = - B \cdot S \cdot [-\cos(\omega t)] \cdot \omega$$

$$\mathcal{E} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$\mathcal{E}_{\max} = \pm B \cdot S \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{\mathcal{E}_{\max}}{B \cdot S}$$

$$20 \text{ mV} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

$$\omega = \frac{20 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 50 \cdot 10^{-4}} = \left[ \frac{20 \text{ rad}}{\text{s}} \right]$$

$$E_{\max} = B \cdot S \cdot \omega$$

Según la expresión de la f.e.m máxima inducida, para duplicar la  $E_{\max}$  inducida podríamos actuar con los tres factores.

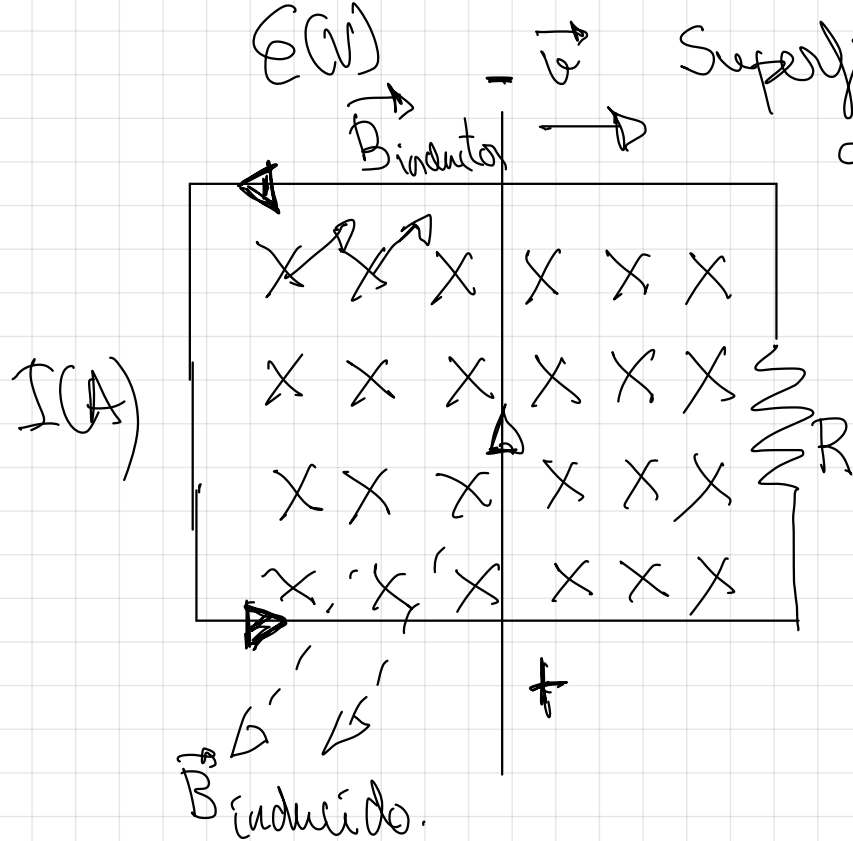
$\vec{B}$   
Duplicar el campo magnético  $\vec{B}$  que atraviesa a la espira.

$S$   
Duplicar la superficie de la espira.

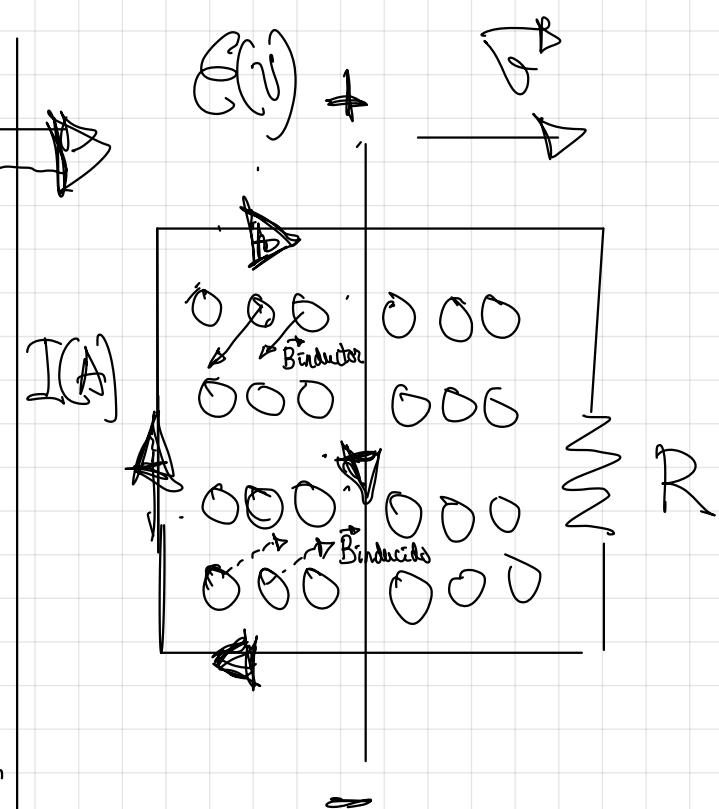
$\omega$   
Duplicar la velocidad angular  $\omega$  de giro de la espira.

Se verá en el anexo a publicar en classroom

↓  
Siguiente página.



Superficie de la espira  
atravesada por el  
campo en aumento;  
aumento del flujo  
magnético inductor,  
se crea corriente  
inducida en el  
sentido indicado.



La Intensidad de corriente (A) que circula por la espira,  
la fuerza electromotriz inducida  $E(V)$  y la resistencia  $R$   
(Ohmios,  $\Omega$ ), se relacionan mediante la ley de Ohm

$$I = \frac{E}{R}$$

45.- Una espira cuadrada de 10 cm de lado, inicialmente horizontal, gira a 1200 revoluciones por minuto, en torno a uno de sus lados, en un campo magnético uniforme vertical de 0,2 T

a) Calcule el valor máximo del flujo magnético que atraviesa la espira, así como el valor máximo de la f.e.m inducida en la espira y represente, en función del tiempo, el flujo magnético a través de la espira y la fuerza electromotriz inducida

b) ¿Cómo se modificaría la f.e.m inducida en la espira si se redujera la velocidad de rotación a la mitad?, ¿y si se invirtiese el sentido del campo magnético?

$B = 0.2 \text{ T}$   
 $\omega = 1200 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \text{ a } \frac{\text{rad}}{\text{s}}$   
 $\omega = 1200 \text{ rpm}$   
 $\omega = 1200 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$   
 $\omega = 40\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$   
 $S = l \cdot l = 0.1 \text{ m} \cdot 0.1 \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}^2$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \varphi \quad \varphi = \omega t$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\omega t)$$

$$\Phi_{\max} = B \cdot S \cdot \cos(\omega t) \quad \rightarrow 1$$

$$\Phi_{\max} = B \cdot S = 0,27 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\Phi_{\max} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Vs}$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\omega t)$$

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt} = -B \cdot S \cdot (-\sin(\omega t)) \cdot \omega$$

$$\mathcal{E} = B S \omega \cdot \sin(\omega t)$$

$$\mathcal{E}_{\max} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) \quad \rightarrow 1$$

$$\mathcal{E}_{\max} = B \cdot S \omega$$

$$\mathcal{E}_{\max} = 0,27 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \cdot 40\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\mathcal{E}_{\max} = 0,25 \text{ V}$$

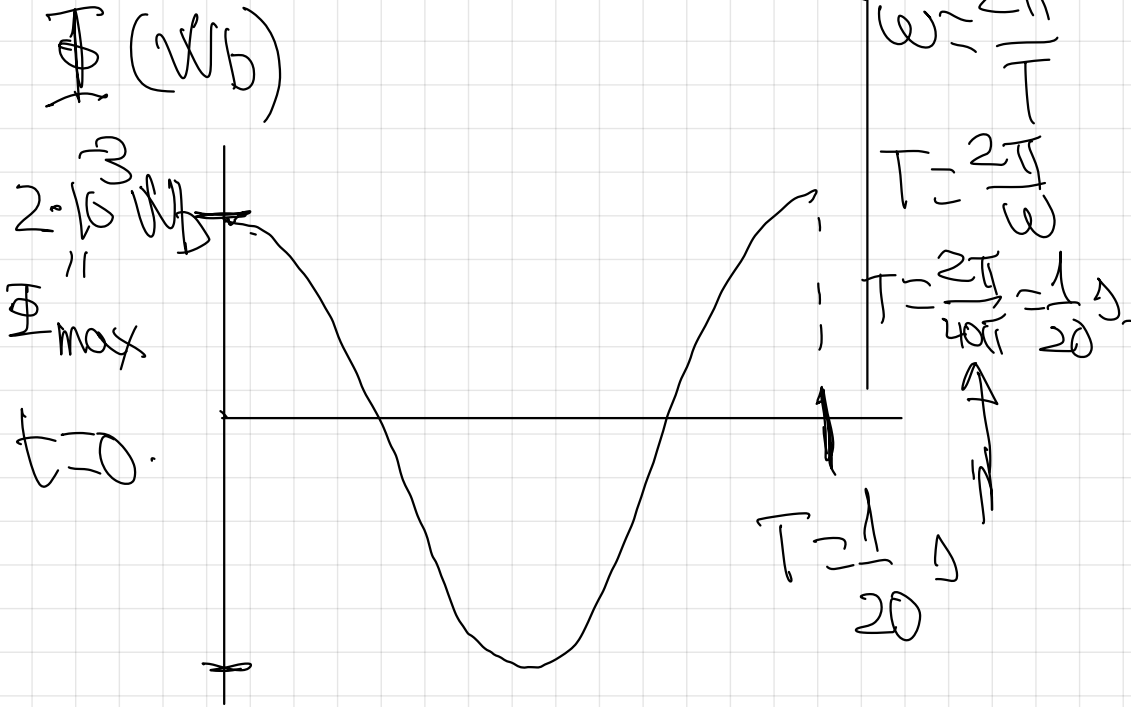
$$\Phi_{\max} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\omega t)$$

$$\Phi = [2 \cdot 10^{-3}] \cos(40\pi t) \text{ (Wb)}$$

$\Phi_{\max}$

función a  
representar



$$E_{\max} = 0.25 \text{ V}$$

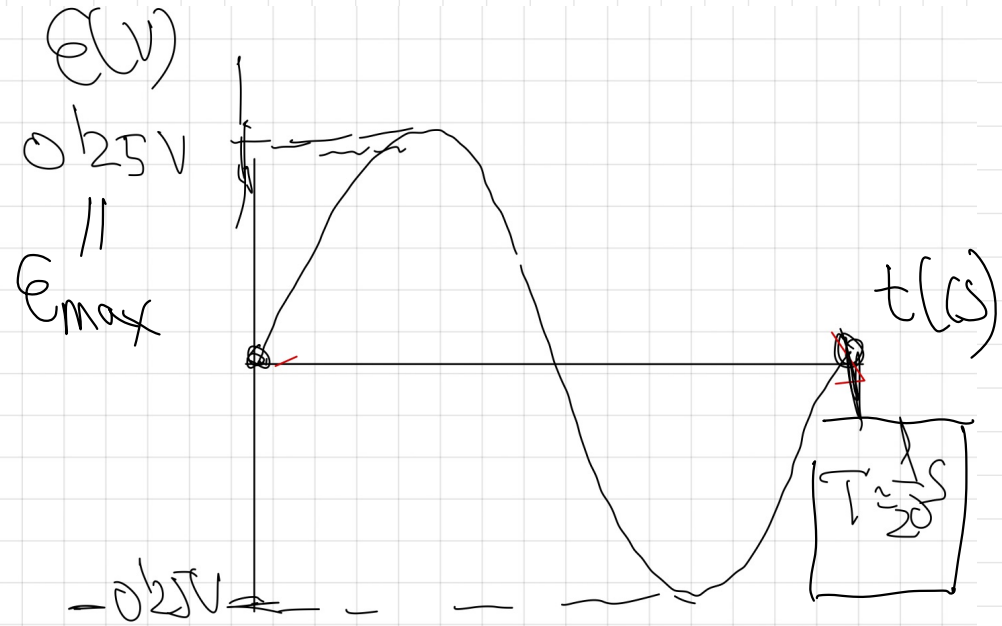
$$E = - \frac{d\Phi}{dt} = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

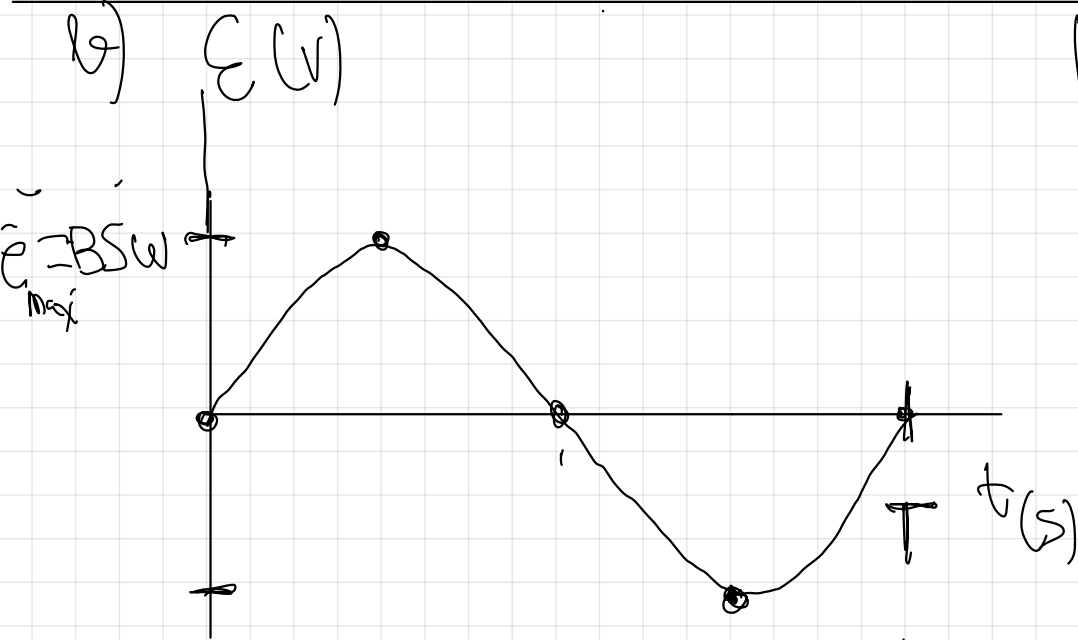
$$E = [B \cdot S \cdot \omega] \sin(\omega t)$$

$$E = 0.2 \cdot 10^{-2} \cdot 40\pi \cdot \sin(40\pi t)$$

$$E = [0.25] \cdot \sin(40\pi t) \text{ (V)}$$

función a  
representar





Al reducir  $\omega$  a la mitad.

$$\epsilon_{\max} = BS\omega$$

$$\epsilon'_{\max} = BS \cdot \frac{\omega}{2}$$

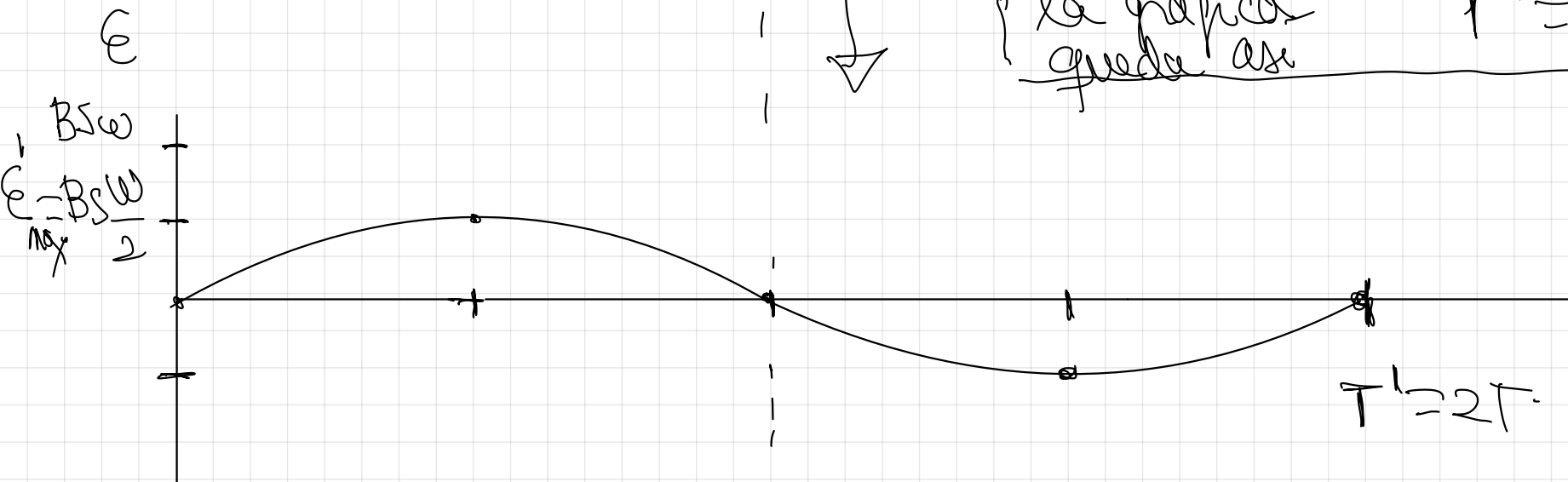
Sin embargo al reducir  $\omega$  a la mitad el período se ~~va~~ el doble

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$$

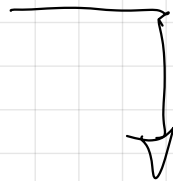
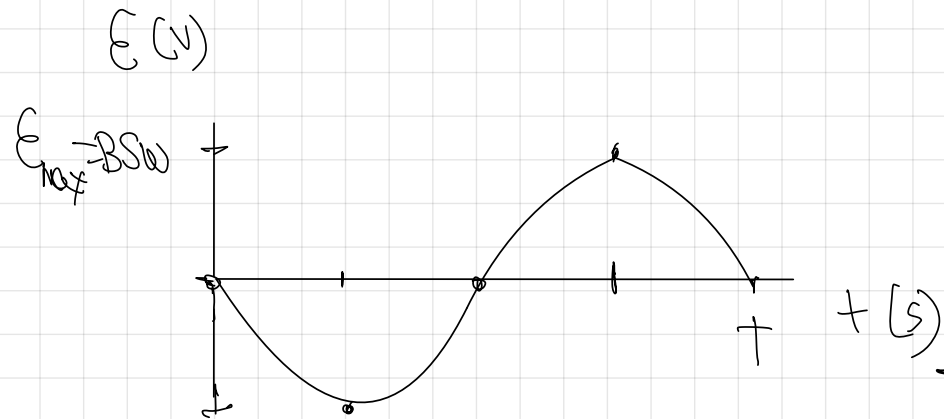
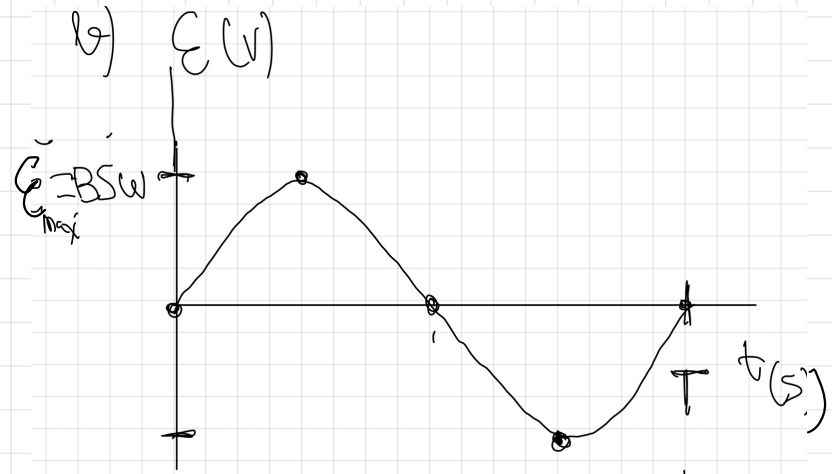
$$T' = \frac{2\pi}{\frac{\omega}{2}} = 2 \cdot \frac{2\pi}{\omega}$$

$$T' = 2T.$$

Combinando  
ambos cambios  
la gráfica  
queda así



1



Al invertir el sentido del campo magnético  $B$ , se invertirá también el sentido de la corriente inducida, de forma que la gráfica se modificará así.

41, 63, 67