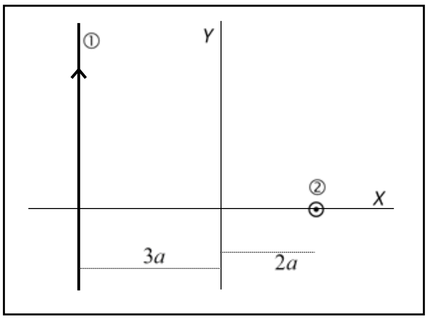
Enero 2019

1. El sistema de la figura está formado por dos hilos rectilíneos e indefinidos, ① y ②, el primero sobre el plano *XY* y el segundo paralelo al eje *Z*, tal como se muestra en la figura. Las corrientes por los dos hilos son $I_1 = I_0$ e $I_2 = 4I_0$. De forma razonada, obtener:

1) El campo magnético en los puntos del eje *Y*.
2) El flujo magnético que atravesará una pequeña espira de área *S*, situada en el origen de coordenadas, orientada de forma que su plano es perpendicular al vector unitario $\dfrac{\left(\vec{u}_x - \vec{u}_y\right)}{\sqrt{2}}$.



***Problema* 1**

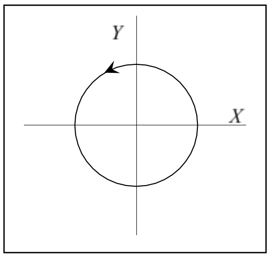
Junio 2017

2. Una espira circular de radio *a*, recorrida por una corriente de intensidad *I*, en sentido antihorario, está situada tal como indica la figura. Coaxial con ella y centrada en el origen, se sitúa una pequeña espira de radio $b \ll a$:

1) Calcular razonadamente el flujo magnético a través de la espira de radio *b*.

Sobre la recta $x = 3a$ del plano *XY*, y paralelo al eje *Y*, se sitúa un hilo rectilíneo e indefinido y se observa que el flujo magnético a través de la espira de radio *b* es cero:

2) Obtener razonadamente la intensidad de corriente que circula por el hilo, justificando cuál debe ser su sentido.



***Problema* 2**

Junio 2018

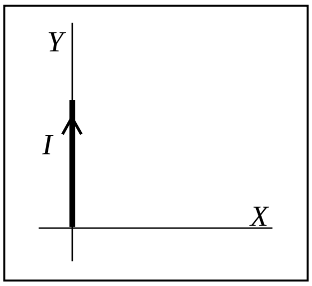
3. Una partícula de masa *m* y carga *q* entra, por el punto $(0, b, 0)$, en un campo eléctrico uniforme $\vec{E} = -E\,\vec{u}_y$. Si su velocidad inicial es $\vec{v} = v_0\,\vec{u}_x$:

1) Obtener la ecuación de la trayectoria de la partícula.
2) Calcular el campo magnético que habría que aplicar, simultáneamente al campo eléctrico, para que la carga describiera un movimiento rectilíneo y uniforme.

Julio 2019

4. Un segmento de longitud *L*, de un circuito recorrido por una corriente de intensidad *I*, se sitúa como muestra la figura, en el seno de un campo magnético $\vec{B} = B_0 \dfrac{y}{L} \vec{u}_z$. Determinar razonadamente:

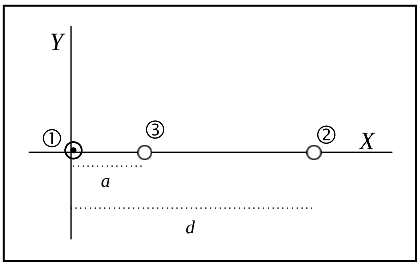
1) La fuerza ejercida sobre el segmento.
2) El momento de fuerzas, respecto al origen de coordenadas, que actúa sobre el segmento.
3) El valor de B_0 para que el campo total en el punto $\left(\dfrac{L}{4}, \dfrac{L}{2}, 0\right)$ sea nulo.



***Problema* 4**

Mayo 2019

5. Dos hilos rectilíneos y paralelos al eje *Z*, ① y ②, se sitúan como muestra la figura, siendo la distancia *d* entre ellos desconocida. Entre ambos, se coloca otro hilo ③, paralelo a ellos y recorrido por una corriente de intensidad I_3. Cuando por los hilos ① y ② circulan corrientes $I_1 = I_0$ e $I_2 = 5I_0$, se observa que el hilo ③ permanece en equilibrio. De forma razonada:



***Problema* 5**

1) Determinar la distancia d y el sentido de la corriente que recorre el hilo ②.

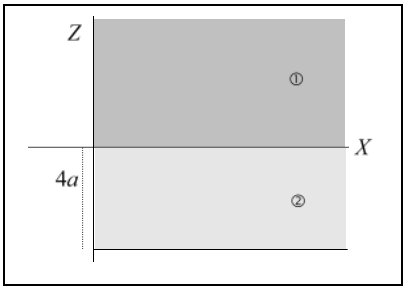
Si se retira el hilo ③ y, en el punto $(0{,}8a, 0)$, se coloca un dipolo magnético, de momento dipolar m, que sólo puede rotar.

2) Obtener la dirección que debe tener m, para que se encuentre en equilibrio estable, indicándola mediante un vector unitario.

Mayo 2018

6. En la región ① de la figura se establece un campo magnético uniforme y en la región ② un campo eléctrico uniforme, $\vec{E} = \frac{m v_0^2}{qa}\left(-\vec{u}_z\right)$. Una partícula, de masa m y carga $-q$, penetra en la región ② por el punto $(8a, 0, -4a)$ con velocidad $\vec{v} = v_0 \vec{u}_z$. Cuando la partícula entra en la región ① describe una trayectoria circular de radio $5a$, y abandona dicha región por el punto $(0, 0, 4a)$. Determinar de forma razonada:

1) El campo magnético en la región ①.
2) La velocidad de la partícula al abandonar la región ①.

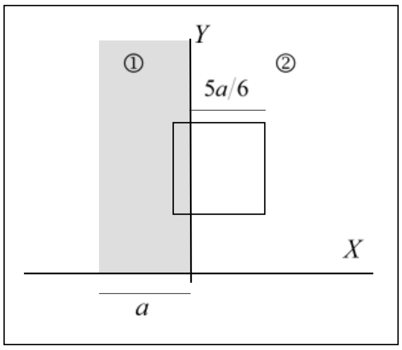


***Problema* 6**

Julio 2017

7. En las regiones ① y ② de la figura está definido un campo magnético continuo, dado por las expresiones $\vec{B}_1 = -b(a+x)\vec{u}_z$ y $\vec{B}_2 = -\frac{c}{a+x}\vec{u}_z$. De forma razonada:

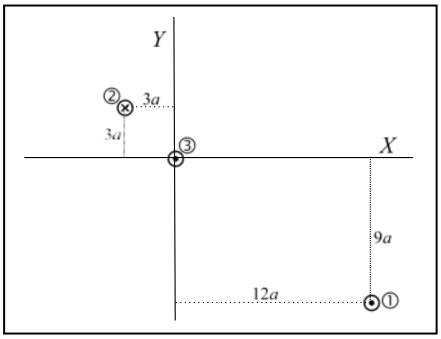
1) Determinar las unidades de las constantes b y c, expresándolas en función de las unidades fundamentales del Sistema Internacional, así como la relación entre ambas contantes.
2) Calcular la fuerza que se ejercerá sobre una espira cuadrada de lado a, colocada como indica la figura y recorrida por una corriente de intensidad I_0 en sentido horario.



***Problema* 7**

Junio 2018

8. Tres hilos conductores, indefinidos y paralelos al eje Z, están situados tal como indica la figura. Las intensidades de corriente por los hilos ① y ② son $I_1 = \frac{25 I_0}{2}$ e $I_2 = I_0$. Si la fuerza que se ejerce, por unidad de longitud, sobre el hilo ③ es $\frac{\mu_0 I_0^2}{3\pi a}\left(5\vec{u}_x - 4\vec{u}_y\right)$, obtener razonadamente la intensidad de corriente que lo recorre.



***Problema* 8**

Junio 2019

9. En la región del espacio definida por las condiciones $y \geq 0$, $z \geq 0$ (región ①) está definido un campo magnético uniforme $\vec{B} = -B_0 \vec{u}_x$ y en la región $z < 0$ (región ②) se establece un campo eléctrico uniforme. Una partícula, de carga $-q$ y masa m, penetra en la región ① por el punto $\left(0, 0, \frac{a}{2}\right)$, con una velocidad paralela a $\vec{u}_y$, describiendo una trayectoria circular de radio a. Si en la región ② la partícula describe una trayectoria rectilínea y su velocidad se anula cuando ha recorrido una distancia $4a$, determinar razonadamente:

1) La velocidad de la partícula cuando abandona la región ① y las coordenadas del punto por el que lo hace.
2) El valor del campo eléctrico establecido en la región ②, comprobando que la expresión obtenida es dimensionalmente correcta.

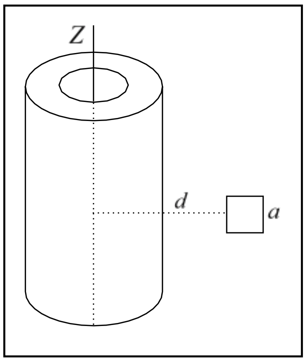
Enero 2018

10. Una corona cilíndrica de radios a y $2a$, coaxial con el eje *Z*, está recorrida por una densidad de corriente uniformemente distribuida en su sección, $j\vec{u}_z$:

1) Obtener razonadamente el campo magnético generado por la corona en todos los puntos del espacio.

Si una espira cuadrada de lado *a*, recorrida por una corriente de intensidad I_0, se sitúa coplanaria con el eje de la corona, tal como indica la figura, se observa que, para que no se aleje del eje *Z*, hay que ejercer sobre ella una fuerza de módulo $\frac{\mu_0 j I_0 a^2}{8}$. Determinar de forma razonada:

2) El sentido de la corriente que circula por la espira.
3) El valor de la distancia *d*.



***Problema* 10**

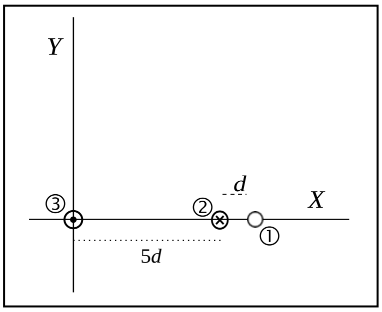
Mayo 2018

11. Tres hilos conductores, indefinidos y paralelos al eje *Z*, están situados tal como indica la figura. Si la intensidad que circula por el hilo ③ es $10I$ y el hilo ② está en equilibrio:

1) Calcular razonadamente la intensidad de corriente que circula por el hilo①, indicando su sentido.

En las condiciones del apartado anterior y sabiendo que la intensidad que circula por el hilo ② es $39I$:

2) Obtener el momento de fuerzas que actúa sobre un dipolo magnético, de momento dipolar $\vec{m} = \frac{4}{3} m_0 \left(\vec{u}_y + \vec{u}_z\right)$, situado en el punto $P\left(6d, 8d, 0\right)$.

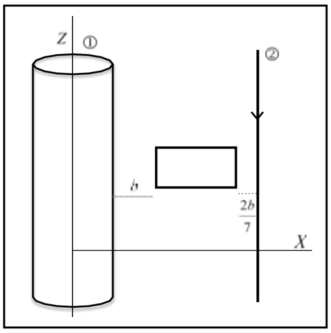


***Problema* 11**

Diciembre 2018

12. Un cilindro conductor indefinido, ①, de radio *b*, cuyo eje coincide con el eje *Z*, está recorrido por una corriente distribuida uniformemente en su sección, de intensidad desconocida. Un hilo conductor indefinido, ②, recorrido por una corriente de intensidad I_0, se sitúa sobre el plano *XZ*, tal como se muestra en la figura. Si el flujo magnético a través de una espira rectangular de lados b y $2b$, situada sobre dicho plano y entre ambos hilos (ver figura), es nulo, determinar razonadamente:

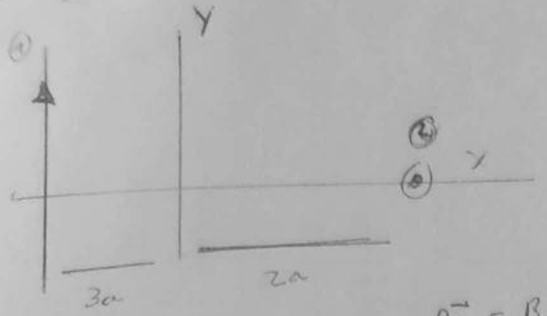
1) La densidad de corriente que circula por el conductor ①.
2) La fuerza ejercida sobre la espira si se hace circular por ella una corriente de intensidad $8I_0$, en sentido antihorario.



***Problema* 12**

Enero 2019

1.



$J_1 = J_0$

$J_2 = 4 J_0$

$$\vec{B_Y} = \vec{B_{Y1}} + \vec{B_{Y2}}$$

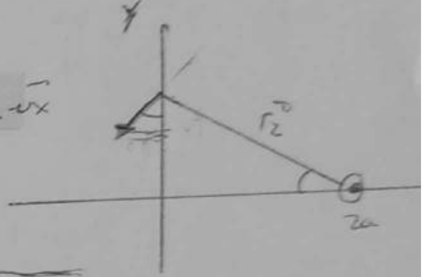
$\vec{dl_1} \parallel \vec{u_Y}$

$\vec{dl_2} \parallel \vec{u_Z}$

$$\vec{dB_{Y1}} \parallel J_1 \cdot \vec{dl_1} \times \vec{u_{r1}} = (\vec{u_Y}) \times (\vec{u_X}) = \begin{vmatrix} \vec{u_X} & \vec{u_Y} & \vec{u_Z} \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} = -\vec{u_Z}$$

$$\vec{B_{Y1}} \parallel -\vec{u_Z}$$

$$\vec{B_{Y1}} = \frac{\mu_0 J_1}{2\pi r_1}(-u_Z) = \frac{\mu_0 J_0}{2\pi 3a}(-\vec{u_Z}) = \frac{\mu_0 J_0}{6\pi a}(-\vec{u_Z})$$



$$\vec{dB_{Y2}} \parallel J_2 \cdot \vec{dl_2} \times \vec{u_{r2}} = (\vec{u_Z}) \times (-\vec{u_X}, \vec{u_Y}) = \begin{vmatrix} \vec{u_X} & \vec{u_Y} & \vec{u_Z} \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 \end{vmatrix} = -\vec{u_Y} - \vec{u_X}$$

$$\vec{B_{Y2}} = \frac{\mu_0 J_2}{2\pi r_2}\left(\operatorname{sen}\theta(-\vec{u_X}), \cos\theta(-\vec{u_Y})\right) \qquad \vec{r_2} = \sqrt{(2a)^2 + Y^2}$$

$$\vec{u_{\varphi 2}} = \frac{Y}{\sqrt{(2a)^2 + Y^2}}(-\vec{u_X}) + \frac{2a}{\sqrt{4a^2+Y^2}}(-\vec{u_Y})$$

$$\vec{B_Y} = \frac{\mu_0 4 J_0}{2\pi r_2}\vec{u_{\varphi 2}} = \frac{2\mu_0 J_0}{\pi\, 4a^2+Y^2}\left(-Y\vec{u_X} - 2a\vec{u_Y}\right)$$

vector unitario $\frac{(\vec{u_X} - \vec{u_Y})}{\sqrt{2}}$

2. Flujo magnético

$$-\frac{\mu_0 J_0}{\pi a}\left(\vec{u_Y} + \frac{1}{6}\vec{u_Z}\right) \cdot S \cdot \frac{(\vec{u_X} - \vec{u_Y})}{\sqrt{2}}$$

$$\Phi_{esp} = \iint_{sp} \vec{B} \cdot \vec{dS} = \vec{B} \iint_{esp} \vec{dS} =$$

{$\vec{B}$ uniforme}

$$\vec{B} = -\frac{2\mu_0 J_0}{\pi(4a^2+Y^2)}(Y\vec{u_X} + 2a\vec{u_Y}) - \frac{\mu_0 J_0}{6\pi a}\vec{u_Z}$$

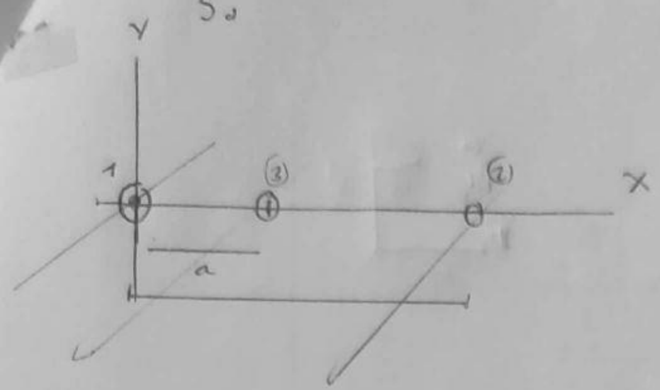
$$\boxed{\Phi_{sp} = \frac{\mu_0 J_0}{\sqrt{2}\,\pi a} S}$$

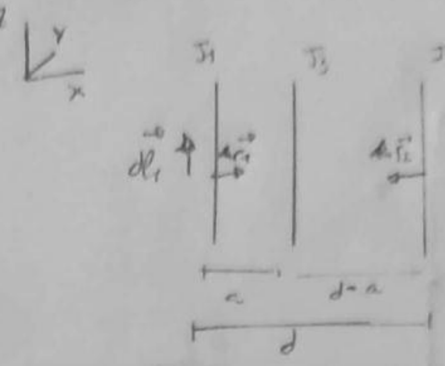
$$\vec{B}(0,0) = -\frac{\mu_0 J_0}{\pi a}(\vec{u_Y}) - \frac{\mu_0 J_0}{6\pi a}\vec{u_Z}$$

5.

Mayo 2019

TEMA 4.





$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 = J_0 \\ J_2 = 5J_0 \end{array} \right\}$$

Hilo 3 en Equilibrio $\quad \sum \vec{F_3} = 0 \quad \vec{F_{13}} + \vec{F_{23}} = 0$

$$\left\{ \vec{B} = \frac{\mu J}{2\pi r} \vec{u_r} \right\}$$

$$\vec{F_{13}} = J_3 \int d\vec{l_3} \times \vec{B_1}$$

$$d\vec{B_1} \parallel J_1 \cdot d\vec{l_1} \times \vec{u_{r_1}} \rightarrow d\vec{B_1} \parallel \vec{u_z} \times \vec{u_x} = \begin{vmatrix} u_x & u_y & u_z \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} = \vec{u_y}$$

$$d\vec{B_1} \parallel \vec{u_y}$$

$$\vec{F_{23}} = J_3 \int d\vec{l_3} \times \vec{B_2}$$

$$d\vec{B_2} \parallel J_2 \cdot d\vec{l_2} \times \vec{B_2} \rightarrow d\vec{B_2} \parallel \pm \vec{u_z} \times (-\vec{u_x}) = \mp \vec{u_y}$$

Equilibrio.

$$\vec{F_{13}} = -\vec{F_{23}} \rightarrow J_3 \cdot L_3 \times \vec{B_1} = -J_3 \cdot L_3 \times \vec{B_2}$$

$$\vec{B_1} \parallel \vec{u_y} \quad \vec{B_2} \parallel -\vec{u_y}$$

$$\vec{B_1} = -\vec{B_2} \rightarrow$$

$$d\vec{B_2} \parallel J_2 \cdot d\vec{l_2} \times \vec{u_{r_2}} = \pm \vec{u_z} \times (-\vec{u_x}) = -\vec{u_y}$$

$$\begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{vmatrix} = -\vec{u_y}$$

$$d\vec{l_2} \parallel \vec{u_z}$$

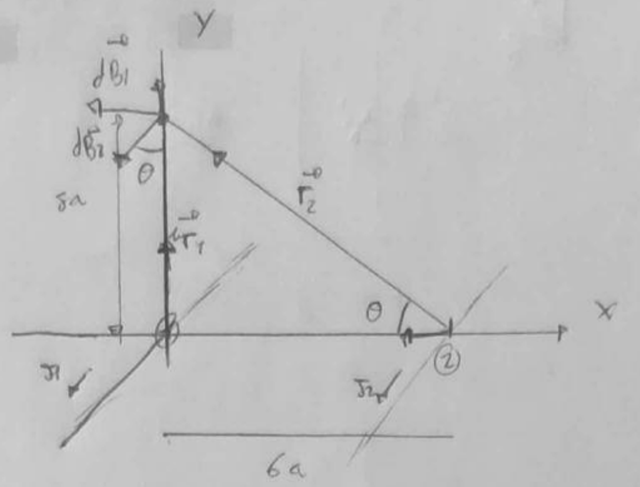
$$\vec{B_1} = \vec{B_2} \quad \frac{\mu_0 J_1}{2\pi a} = \frac{\mu_0 J_2}{2\pi (d-a)} \rightarrow \frac{\mu_0 J_0}{2\pi a} = \frac{5 J_0 \mu_0}{2\pi (d-a)}$$

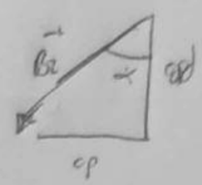
$$\frac{1}{a} = \frac{5}{d-a}$$

$$d - a = 5a \rightarrow \boxed{d = 6a}$$

Hilo (2) recorre el eje z tiendo el corriente
que el Hilo (1)

2)





$$d\vec{B}_1 \parallel J_1 \cdot d\vec{\ell}_1 \times \vec{u}_{r_1} = \vec{u}_z \times \vec{u}_y = \begin{vmatrix} \vec{u}_x & \vec{u}_y & \vec{u}_z \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = -\vec{u}_x$$

$$d\vec{B}_1 \parallel -\vec{u}_x$$

Dipolo magnético, Momento dipolar magnético: $\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B} \rightarrow \tau = m \cdot B \sin\theta$

$$E_p = -\vec{m}\cdot\vec{B} = -mB\cdot\cos\theta$$

Equilibrio estable: $E_{p\,\text{mínima}} = -mB \rightarrow$

$$\left\{ \cos\theta = 1 \rightarrow \theta = 0 \right\} \qquad \vec{\tau} = 0$$

$$\left\{ \vec{m} \parallel \vec{B}(0, 8a, 0) \right\}$$

$$\vec{B}(0,8a,0) = \vec{B}_1(0,8a,0) + \vec{B}_2(0,8a,0) =$$

$$= \frac{\mu_0 J_1}{2\pi r_1}(-\vec{u}_x) + \frac{\mu_0 J_2}{2\pi r_2}\left(\sin\alpha(-\vec{u}_x) + \cos(\alpha)\cdot(-\vec{u}_y)\right)$$

$$r_2 = \sqrt{(6a)^2 + (8a)^2} = 10a$$

$$\sin\alpha = \frac{\text{cat. op}}{\text{hip}} = \frac{8a}{10a} = \frac{4}{5} \qquad r_1 = 8a$$

$$\cos\alpha = \frac{\text{cat. ad}}{\text{hip}} = \frac{6a}{10a} = \frac{3}{5}$$

$$\vec{B}_2 = \frac{\mu_0 J_2}{2\pi\, 10a}\left(\frac{4}{5}(-\vec{u}_x) + \frac{3}{5}(-\vec{u}_y)\right) = \frac{\mu_0\, 5J_0}{20\pi a}\left(\frac{4}{5}(-\vec{u}_x) + \frac{3}{5}(-\vec{u}_y)\right)$$

$$\vec{B}(0,8a,0) = \frac{\mu_0 J_0}{16\pi a}(-\vec{u}_x) + \frac{\mu_0 J_0}{4\pi a}\left(\frac{4}{5}(-\vec{u}_x) + \frac{3}{5}(-\vec{u}_y)\right) =$$

$$= \frac{\mu_0 J_0}{\pi a}\left(-\frac{1}{16} - \frac{1}{5}\right)\vec{u}_x + \frac{3\mu_0 J_0}{20\pi a}(-\vec{u}_y)$$

$$\sqrt{7^2+4^2} = \sqrt{65}$$

$$\boxed{\vec{m} = -\frac{1}{\sqrt{65}}(7\vec{u}_x + 4\vec{u}_y)}$$

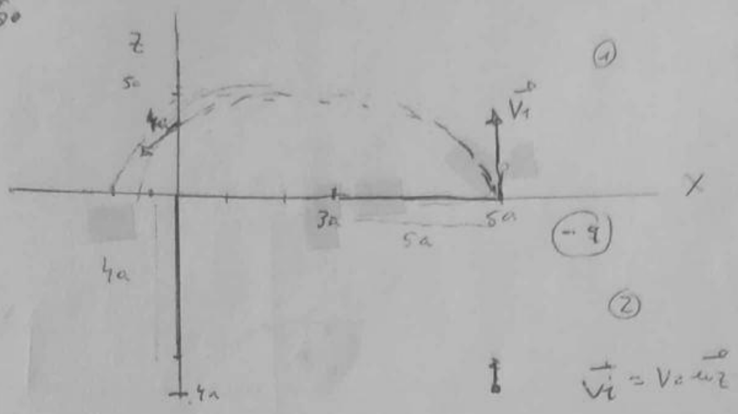
$$\boxed{\vec{B}(0,8a,0) = -\frac{\mu_0 J_0}{4\pi a}\left(\frac{1}{4}\vec{u}_x + \frac{4}{5}\vec{u}_x + \frac{3}{5}\vec{u}_y\right)} =$$

$$= \frac{-\mu_0 J_0}{4\pi a}\left(\frac{21}{20}\vec{u}_x + \frac{3}{5}\vec{u}_y\right) = \frac{-\mu_0 J_0}{80\pi a}(21\vec{u}_x + 12\vec{u}_y)$$

$$= -\frac{3\mu_0 J_0}{80\pi a}(7\vec{u}_x + 4\vec{u}_y)$$

2018

6.



Campo eléctrico: $\vec{E} = \frac{m V_0^2}{q a} (-\vec{u_z})$

$\vec{V_i} \parallel \vec{u_z}$ → Movimiento rectilíneo y uniforme.

$\vec{F_E} = -q \cdot \vec{E}$ → $\vec{F_E} \parallel \vec{u_z}$

Carga negativa: $(-q)$

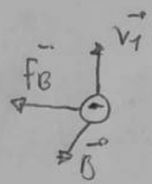
$\vec{V_1} \parallel \vec{u_z}$

$\vec{F} \parallel -\vec{u_x}$

$\vec{F_B}(8a,0,0) = -q\, \vec{v} \times \vec{B}$

$\vec{B} \parallel -\vec{u_y}$

$$\begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} = -\vec{u_x}$$



$\vec{F_B} = -q \vec{v} \times B = m \cdot \vec{a_n}$

→ $q V_1 B = m \cdot \frac{V_1^2}{R}$ → $B = \frac{m \cdot V_1}{q R}$ $\{R = 5a\}$

campo eléctrico conservativo $\Delta E_c = -\Delta E_p$

$\Delta E_p = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} = q \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} = q \int_{-4a}^{0} \frac{m V_0^2}{q \cdot a} (-\vec{u_z}) \cdot d\vec{l} =$

$= -\frac{m V_0^2}{a} \int_{-4a}^{0} dz = -4 m V_0^2$

$\Delta E_c = \frac{1}{2} m V_1^2 - \frac{1}{2} m V_0^2 = 4 m V_0^2$

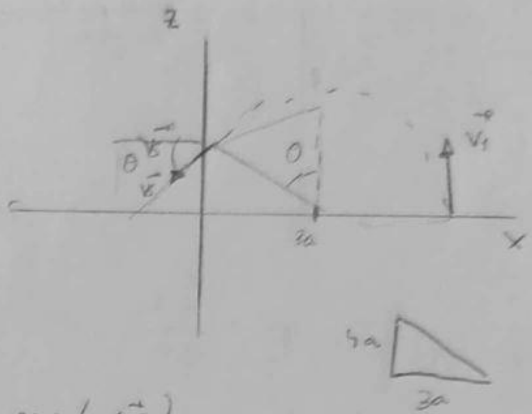
$\frac{1}{2}(m V_1^2 - m V_0^2) = 4 m V_{0z}^2$ → $V_1^2 = 9 V_{0z}^2$

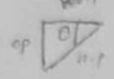
$\boxed{V_1 = 3 V_0}$

$$B = \frac{m \cdot v_1}{q \cdot R} = \frac{m \cdot 3v_0}{q \cdot 5a}$$

$$\boxed{\vec{B} = -\frac{3 m v_0}{5 q a} \vec{u_y}}$$

2) velocidad partícula al abandonar la región





$$\sin\theta = \frac{\text{cat. op}}{\text{hip}} \qquad z = \sin\theta \cdot \text{hip}$$

$$\cos\theta = \frac{\text{cat. cont}}{\text{hip}} \qquad x = \cos\theta \cdot \text{hip}$$

$$\vec{V_5} = V_5 \cdot \vec{u_5} \rightarrow \vec{u_5} = \cos\theta(-\vec{u_x}) + \sin\theta(-\vec{u_z})$$

$$V_5 = V_1 = 3 \cdot V_0 \qquad \vec{F_B} \perp \vec{V_1} \rightarrow \vec{a_t} = 0 \rightarrow V_1 \equiv cte$$

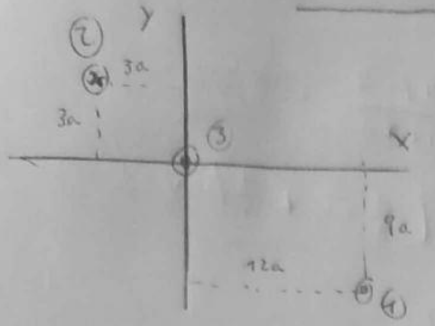
$\sqrt{16+9} = 5a$

$$\cos\theta = \frac{4a}{5a} = \frac{4}{5} \qquad \sin\theta = \frac{3a}{5a} = \frac{3}{5}$$

$$\vec{u_5} = -\frac{4}{5}\vec{u_x} - \frac{3}{5}\vec{u_z}$$

$$\boxed{\vec{V_5} = -\frac{3}{5} v_0 \left(4\vec{u_x} + 3\vec{u_z}\right)}$$

8. Junio 2018



$$J_1 = \frac{25 J_0}{2} \qquad J_2 = J_0$$

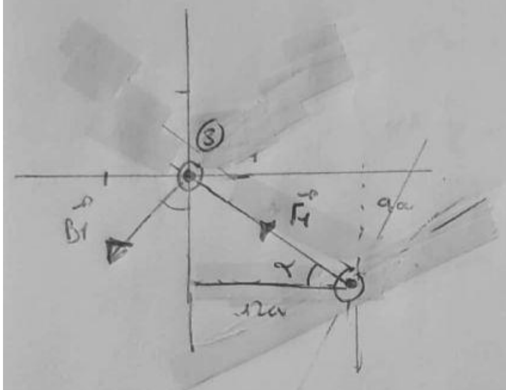
$$\frac{\vec{F_3}}{L} = \frac{\mu_0 J_0^2}{3\pi a}\left(5\vec{u_x} - 4\vec{u_y}\right)$$

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

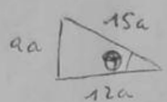
$$\vec{F_T} = \vec{F_{13}} + \vec{F_{23}}$$

$$\begin{cases} d\vec{l_1} \parallel \vec{u_z} \\ d\vec{l_2} \parallel -\vec{u_z} \\ d\vec{l_3} \parallel \vec{u_z} \end{cases}$$

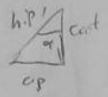
Hilo ①:



$$d\vec{B_1} \parallel J_1 \cdot d\vec{l_1} \times \vec{u_{r_1}} = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 \end{vmatrix} = -\vec{u_y} - \vec{u_x}$$



$$r_1 = \sqrt{(9a)^2 + (12a)^2} = 15a$$



$$\begin{cases} \operatorname{sen}\theta = \frac{9a}{15a} = \frac{9}{15} = \frac{3}{5}, \\ \cos\theta = \frac{12a}{15a} = \frac{12}{15} = \frac{4}{5} \end{cases}$$

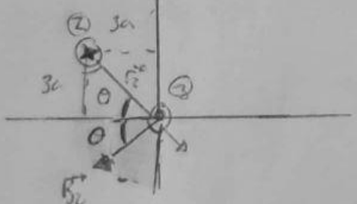
$$\vec{B_1} = \frac{\mu_0 J_1}{2\pi r_1}\left(\operatorname{sen}\theta\,(-\vec{u_x}),\ \cos\theta\,(-\vec{u_y})\right) =$$

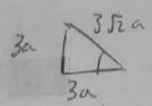
$$= \frac{\mu_0 \frac{25 I}{2}}{2\pi\, 15a}\left(\frac{3}{5}(-\vec{u_x}),\ \frac{4}{5}(-\vec{u_y})\right) =$$

$$\vec{B_1} = \frac{\mu_0 J_0}{12\pi a}\left(3(-\vec{u_x}),\ 4(-\vec{u_y})\right)$$

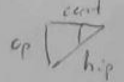
$$d\vec{B_2} \parallel J_2 \cdot d\vec{l_2} \times \vec{u_{r_2}} = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 \end{vmatrix} = -\vec{u_y} - \vec{u_x}$$

Hilo ②:





$$r_2 = \sqrt{(3a)^2 + (3a)^2} = 3\sqrt{2}\,a$$



$$\cos\theta = \frac{3a}{3\sqrt{2}a} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\operatorname{sen}\theta = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\vec{B_2} = \frac{\mu_0 J_2}{2\pi r_2}\left(\cos\theta\,(-\vec{u_x}),\ \operatorname{sen}\theta\,(-\vec{u_y})\right) =$$

$$= \frac{\mu_0 J_0}{2\pi\, 3\sqrt{2}\,a}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}(-\vec{u_x}),\ \frac{\sqrt{2}}{2}(-\vec{u_y})\right)$$

$$\vec{B_2} = \frac{\mu_0 J_0}{12\pi a}\left((-\vec{u_x}),\ (-\vec{u_y})\right)$$

$$\vec{F}_{l13} = J_3 \left(\vec{dl_3} \times \vec{B_1}\right) = J_3 \cdot \left(\vec{u_z} \times \vec{B_1}\right) = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & 1 \\ -B_{1x} & -B_{1y} & 0 \end{vmatrix} =$$

$$= -B_{1x}\,\vec{u_y} + B_{1y}\,\vec{u_x} = -\frac{3\mu_0 J_0}{12\pi a}\vec{u_y} + \frac{4\mu_0 J_0}{12\pi a}\vec{u_x}$$

$$\vec{F}_{l13} = -\frac{\mu_0 J_0}{4\pi a}\vec{u_y} + \frac{\mu_0 J_0}{3\pi a}\vec{u_x} = J_3\frac{\mu_0 J_0}{\pi a}\left(\frac{1}{3}\vec{u_x} + \frac{1}{4}(-\vec{u_y})\right)$$

$$\vec{F}_{l23} = J_3\left(\vec{dl_3} \times \vec{B_2}\right) = J_3\left(\vec{u_z} \times \vec{B_2}\right) = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & 1 \\ -B_{2x} & -B_{2y} & 0 \end{vmatrix} =$$

$$= -B_{2x}\,\vec{u_y} + B_{2y}\,\vec{u_x} = -\frac{\mu_0 J_0}{12\pi a}\vec{u_y} + \frac{\mu_0 J_0}{12\pi a}\vec{u_x}$$

$$\vec{F}_{23} = J_3\frac{\mu_0 J_0}{12\pi a}\left(\vec{u_x} - \vec{u_y}\right)$$

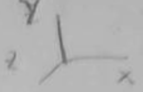
$$\vec{F}_l = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \frac{\mu_0 J_0}{\pi a}\left(\frac{1}{3}\vec{u_x} + \frac{1}{4}\vec{u_y}\right) + \frac{\mu_0 J_0}{12\pi a}\left(\vec{u_x} - \vec{u_y}\right) =$$

$$= J_3\frac{\mu_0 J_0}{\pi a}\left(\frac{5}{12}\vec{u_x} - \frac{1}{3}\vec{u_y}\right)$$

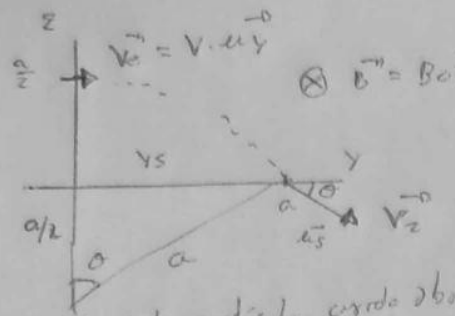
$$\frac{\mu_0 J_0^2}{3\pi a}\left(5\vec{u_x} - 4\vec{u_y}\right) = \underbrace{J_3\frac{\mu_0 J_0}{\pi a}\left(\frac{5}{12}\vec{u_x} - \frac{1}{3}\vec{u_y}\right)}_{J_3\frac{\mu_0 J_0}{12\pi a}\left(5\vec{u_x} - 4\vec{u_y}\right)}$$

$$\left[\, J_3 = \frac{J_0}{3}\cdot 12 = 4J_0 \,\right]$$

Junio 2019.



1.



1. Velocidad de la partícula cuando abandona región ①, considerando.

$\vec{B}$ uniforme y $\vec{V} \perp \vec{B}$ $\quad (a_t = 0 \rightarrow v = cte)$

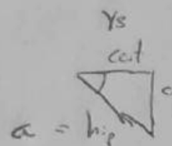
$$\vec{F_m} = q\vec{v} \times \vec{B} = -q\,\vec{v} \times \vec{B}$$

$$\vec{F_m} = m \cdot \vec{a_n} = \{ a_t = 0,\ v = cte \} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

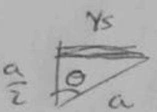
$$q v B = m \cdot \frac{v^2}{R} \rightarrow v = \frac{q \cdot B \cdot R}{m} = \begin{Bmatrix} R = a \\ B = B_0 \end{Bmatrix} = \frac{q B_0 a}{m}$$

$$\vec{v_s} = v \cdot \vec{u_s}$$

$$\vec{u_s} = \cos\theta\, \vec{u_y} - \operatorname{sen}\theta\, \vec{u_z}$$



$$y_s = \frac{\sqrt{3}}{2} a \quad \left\{ \begin{array}{l} \cos\theta = \frac{\frac{a}{2}}{a} = \frac{1}{2} \\ \operatorname{sen}\theta = \frac{\sqrt{3}}{2} \end{array} \right)$$



Sale por el punto $\left(0, \frac{\sqrt{3}}{2} a, 0\right)$

$$\vec{v_s} = v \cdot \left(\frac{1}{2}\vec{u_y} - \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{u_z}\right)$$

$$\boxed{\vec{v_s} = \frac{q B_0 a}{m} \left(\frac{1}{2}\vec{u_y} - \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{u_z}\right)}$$

$$\left[\vec{a} \parallel -\left(\frac{1}{2}\vec{u_y} - \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{u_z}\right) \right)$$

2) $\vec{F_e} = q\vec{E} = -q\vec{E} = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{E} = -\frac{m}{q}\vec{a} \rightarrow \vec{E} \parallel -\vec{a}$

$$\vec{E} \parallel \left(\frac{1}{2}\vec{u_y} - \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{u_z}\right)$$

$$V_f = 0 \rightarrow E_c^f = \frac{1}{2} m V_f^2 = 0$$

$$\Delta E_c = E_c^f - E_c^i = -\frac{1}{2} m V_i^2 = -\frac{1}{2} m V^2$$

$$\Delta E_p = -\Delta E_c = \frac{1}{2} m V^2$$

$$\Delta E_p = Q \cdot \Delta V$$

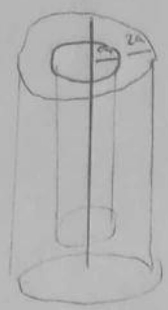
$$V^f - V^i = -\int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{l} = -E \cdot d$$

$$\Delta E_p = (-q) \cdot (-\vec{E} \cdot d) = qEd = \frac{1}{2} m V_i^2 \Rightarrow E = \frac{mV^2}{2qd}$$

$$\left.\begin{array}{l} d = 4a \\ V = \frac{qB_0 a}{m} \end{array}\right\} \vec{E} = \frac{m q^2 B_0^2 a^2}{m^2 2q 4a} = \frac{qB_0^2 a}{8m}\left(\frac{1}{2}\vec{u}_y - \frac{\sqrt{3}}{2}\vec{u}_z\right)$$

Enero 2018 TEMA 4

10.



1) CAMPO GENERADO.

$B = \frac{\mu_0 J_0}{2\pi r}$

Densidad de corriente: $d\vec{l} \parallel \vec{u_z}$

$\vec{j} = j \vec{u_z}$

Teorema de Ampere $\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot J_{enl}$

$\oint_c \vec{B} \cdot d\vec{l} = \{B \text{ uniforme}\} = B \oint dl = B \cdot L = B \cdot 2\pi r$

Si $r < a$

$J_{enl} = 0 \quad \vec{B}(r < a) = 0$

Si $a < r < 2a$

$J_{enl} = j S = j(\pi(r)^2 - \pi(a)^2) = j\pi(r^2 - a^2)$

Si $r > 2a$

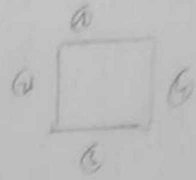
$J_{enl} = j(\pi(2a)^2 - \pi(a)^2) = 3\pi a^2 j$

$\vec{B}(a < r < 2a) = \frac{j(r^2 - a^2)}{2r} \vec{u_y}$

$\vec{B}(r > 2a) = \frac{3a^2 j}{2r} \vec{u_y}$

Sentido corriente de la espira

$$F = \frac{\mu_0 \, i \, J_e a^2}{8}$$



$$d\vec{F_1} = J_{esp} \cdot d\vec{l_1} \times \vec{B}(x_a)$$
$$d\vec{F_3} = J_{esp} \cdot d\vec{l_3} \times \vec{B}(x_a)$$
$$d\vec{l_1} = -d\vec{l_3}$$

$d\vec{F_1} + d\vec{F_3} = 0$

$\vec{F_1} = -\vec{F_3}$

B es uniforme en ② y ④

Como $r_2 < r_4 \rightarrow \vec{B_2} > \vec{B_4}$ Se alejará.

Sentido antihorario la corriente.

c) Datos.

$$\vec{F_T} = \vec{F_2} + \vec{F_4} = J_e \left[\int d\vec{l_2} \times \vec{B_2} + \int d\vec{l_4} \times \vec{B_4} \right] =$$

$$\begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = \vec{u_x}$$

$\vec{l_2} = a(-\vec{u_z})$

$\vec{l_4} = a(\vec{u_z})$

$$\vec{B_2} = \frac{\mu_0 3a^2 i}{2d} \vec{u_y} \qquad \vec{B_4} = \frac{\mu_0 3a^2 i}{2(d+a)} \vec{u_y}$$

$$\vec{F} = J_e \left[\int dl_2 (-\vec{u_z}) \times B_2 \cdot \vec{u_y} + \int dl_4 (\vec{u_z}) \times B_4 \cdot \vec{u_y} \right] =$$

$$= J_e \left[\frac{\mu_0 3a^3 i}{2d} \vec{u_x} - \frac{\mu_0 3a^3 i}{2(d+a)} \vec{u_x} \right] = J_e \cdot \frac{\mu_0 3a^3 i}{2} \left[\frac{1}{d} - \frac{1}{d+a} \right] \vec{u_x}$$

$$J_e \frac{\mu_0 3a^3 i}{2} \left[\frac{1}{d} - \frac{1}{d+a} \right] = \frac{\mu_0 \, i \, J_e a^2}{8}$$

$$3a \cdot \left[\frac{1}{d} - \frac{1}{d+a} \right] = \frac{1}{4}$$

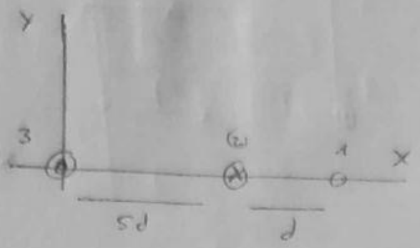
$$\frac{d+a-d}{d^2+da} = \frac{1}{12a} \rightarrow d^2 + da = 12a^2$$

$$d^2 + da - 12a^2 = 0 \qquad \boxed{d = \frac{6a}{2} = 3a}$$

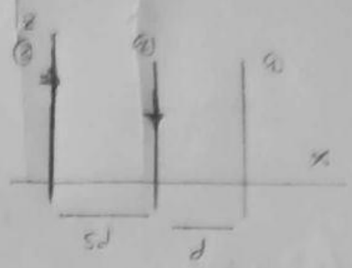
$$d = \frac{-a \pm \sqrt{a^2 - 4(-12)}}{2a} = \frac{-a \pm 7a}{2} =$$

Nº4. 11.

Mayo 2018.



$J_3 = 10 J$



Cond h.l. ② $\Sigma \vec{F} = 0$ $\quad \vec{F_T} = \vec{F_{12}} + \vec{F_{32}}$

$d\vec{B_3} \parallel J_3 \cdot d\vec{l_3} \times \vec{u_{r_3}} = (\vec{u_z}) \times (\vec{u_x}) = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix} = \vec{u_y}$

$d\vec{B_3} \parallel \vec{u_y}$ $\qquad \vec{B}_{h.l.} = \frac{\mu_0 J}{2\pi r} \vec{u_\varphi}$

$F = J \int d\vec{l} \times \vec{B}$

$\vec{F_{12}} + \vec{F_{32}} = 0 \rightarrow \vec{F_{12}} = -\vec{F_{32}}$

$J_2 (\vec{L_2} \times \vec{B_1}) = -J_2 (\vec{L_2} \times \vec{B_3})$

$\vec{F_{12}} = -\vec{F_{32}} \rightarrow$

$\vec{B_1} = -\vec{B_3}$

$\vec{F_{12}} = J_2 (\vec{L_2} \times \vec{B_1})$

$\vec{F_{32}} = J_2 (\vec{L_2} \times \vec{B_3})$

$\boxed{\vec{B_1} \parallel -\vec{u_y}}$

$\frac{\mu_0 \cdot J_1}{2\pi d} = \frac{\mu_0 J_3}{2\pi 5d} \rightarrow$ $5 J_1 = 10 J$

$\boxed{J_1 = 2J}$

$d\vec{B_1} \parallel J_1 \cdot d\vec{l_1} \times \vec{u_{r_1}} = (\pm \vec{u_z}) \times (-\vec{u_x}) = -\vec{u_y}$

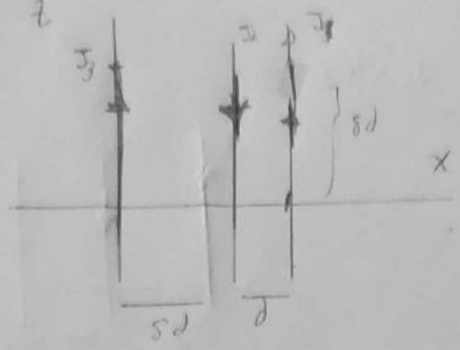
$\begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 \end{vmatrix} \rightarrow$ $d\vec{l_1} \parallel -\vec{u_z}$ mismo sentido que el h.l. ③

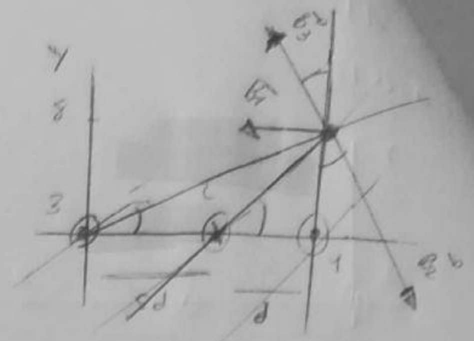
b) $\vec{\tau} = B_{Tx} \cdot m \cdot \vec{u_y} - B_{Tx} \cdot m \cdot \vec{u_z} + B_{Ty}\, m\, \vec{u_x} =$

$= \left(\frac{15 \mu_0 J}{8\pi} \cdot \frac{4}{3} m_0 \right) \vec{u_y} - \left(\frac{15 \mu_0 J}{8\pi} \cdot \frac{4}{3} m_0 \right) \vec{u_z} + \text{—}$

$\vec{\tau} = \frac{\mu_0 J}{\pi d} m_0 \left(\text{—} + \frac{5}{2} \vec{u_y} - \frac{5}{2} \vec{u_z} \right) = \frac{5 \mu_0 J}{2\pi d} \left(\vec{u_y} - \vec{u_z} \right)$

b) $J_2 = 39\,J$





$\vec{m} = \frac{4}{3} m_0 (\vec{u_y} + \vec{u_z})$

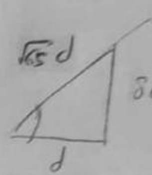
$d\vec{l_1} \parallel \vec{u_z}$ $\quad d\vec{l_3} \parallel \vec{u_z}$

$d\vec{l_2} \parallel -\vec{u_z}$

$\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B}$

$\vec{B_T} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3}$

$d\vec{B_1} \parallel J_1 \cdot d\vec{l_1} \times \vec{u_{r_1}} = \vec{u_z} \times \vec{u_y} = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} = -\vec{u_x}$



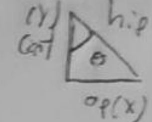
$\vec{B_1} = \frac{\mu_0 J_1}{2\pi r_1}(-\vec{u_x}) = \frac{\mu_0 \cdot J}{8\pi d}(-\vec{u_x})$

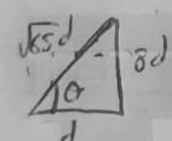
$r_2 = \sqrt{65}\,d$

$d\vec{B_2} \parallel J_2 \cdot d\vec{l_2} \times \vec{u_{r_2}} = (-\vec{u_z}) \times (\vec{u_x}, \vec{u_y}) = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} =$

$= -\vec{u_y} + \vec{u_x}$

$d\vec{B_3} \parallel J_3 \cdot d\vec{l_3} \times \vec{u_{r_3}} = (\vec{u_z}) \times (\vec{u_x}, \vec{u_y}) = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} = \vec{u_y} - \vec{u_x}$





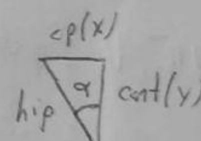
$\begin{cases} \operatorname{sen}\theta = \frac{\text{cat. op}}{\text{hip}} \rightarrow x = \operatorname{sen}\theta \cdot \text{hip} \\ \cos\theta = \frac{\text{cat. cont}}{\text{hip}} \rightarrow y = \cos\theta \cdot \text{hip} \end{cases}$

$r_2 = \text{hip} = \sqrt{65}\,d$

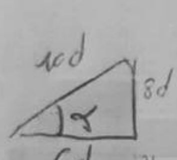
$\operatorname{sen}\theta = \frac{8d}{\sqrt{65}\,d} = \frac{8}{\sqrt{65}}$

$\cos\theta = \frac{1d}{\sqrt{65}\,d} = \frac{1}{\sqrt{65}}$

$\vec{B_2} = \frac{\mu_0 J_2}{2\pi r_2}\left(\operatorname{sen}\theta(-\vec{u_x}), \cos\theta(\vec{u_y})\right)$



$\vec{B_2} = \frac{\mu_0\, 39\,J}{2\pi\sqrt{65}\,d}\left(\frac{8}{\sqrt{65}}(\vec{u_x}), \frac{1}{\sqrt{65}}(-\vec{u_y})\right)$



$\operatorname{sen}\theta = \frac{8d}{10d} = \frac{4}{5}$

$\vec{B_3} = \frac{\mu_0 J_3}{2\pi r_3}\left(\operatorname{sen}\theta(-\vec{u_x}), \cos\theta(\vec{u_y})\right)$ $\quad \cos\theta = \frac{6d}{10d} = \frac{3}{5}$

$\vec{B_3} = \frac{\mu_0\, 10\,J}{2\pi\, 10d}\left(\frac{4}{5}(-\vec{u_x}), \frac{3}{5}(\vec{u_y})\right)$

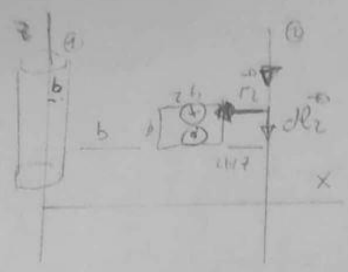
$\vec{B_T} = \frac{\mu_0 J}{8\pi d}(-\vec{u_x}) + \frac{\mu_0\, 39\,J}{2\pi\sqrt{65}\,d}\left(\frac{8}{\sqrt{65}}(\vec{u_x}), \frac{1}{\sqrt{65}}(-\vec{u_y})\right) + \frac{\mu_0 J}{2\pi d}\left(\frac{4}{5}(-\vec{u_x}), \frac{3}{5}(\vec{u_y})\right)$

$= \frac{\mu_0 J}{\pi}\left[\left(-\frac{1}{8} + \frac{39\cdot 4}{65} - \frac{2}{5}\right)\vec{u_x} + \underbrace{\left(-\frac{39}{2\cdot 65} + \frac{3}{10}\right)}_{0}\vec{u_y}\right.$

$\vec{B_T} = \frac{15\,J\mu_0}{8\pi d}\vec{u_x}$

$\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B_T} = \begin{vmatrix} \vec{u_x} & \vec{u_y} & \vec{u_z} \\ 0 & m & m \\ B_{T_x} & 0 & 0 \end{vmatrix} = B_{T_x} \cdot m \cdot \vec{u_y} - B_{T_x} \cdot m\,\vec{u_z}$

17.



Hilo 2.

$I_2 = I_0$

$\Phi_B = 0$

$$\boxed{\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}}$$

$$\Phi_T = \Phi_1 + \Phi_2 = 0 \rightarrow \Phi_1 = -\Phi_2$$

$$\iint \vec{B_1} \cdot d\vec{s} = -\iint \vec{B_2} \cdot d\vec{s}$$

$$\left[\vec{B_1} \parallel -\vec{B_2} \right]$$

En la espira. $\vec{B_2} = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2} \vec{u_{\varphi_2}}$

$$d\vec{B_2} \parallel I_2 \cdot d\vec{l_2} \times \vec{u_{r_2}} \parallel (-\vec{u_z}) \times (-\vec{u_x}) \parallel \vec{u_y}$$

$$\vec{B_2} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r_2} \vec{u_y}$$

$$d\vec{B_1} \parallel I_1 \cdot d\vec{l_1} \times \vec{u_{r_1}} \parallel (\pm \vec{u_z}) \times (\vec{u_x}) \parallel \pm \vec{u_y}$$

$\vec{B_1} \parallel -\vec{B_2}$ en la espira

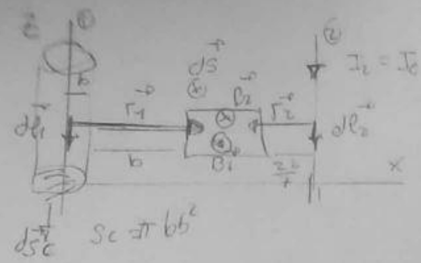
El campo generado por el cilindro indefinido en un punto exterior al mismo es indistinguible del generado por un hilo indefinido situado en el eje del mismo que estuviera recorrido por la misma corriente.

$$\vec{B_1} \parallel -\vec{u_y} \quad ; \quad \vec{B_1} = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} (-\vec{u_y})$$

$$I_1 \cdot d\vec{l_1} \parallel (-\vec{u_z})$$

$$\Phi_T = \iint \vec{B_1} \cdot d\vec{S} + \iint \vec{B_2} \cdot d\vec{S} = \iint \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} (-\vec{u_y}) \cdot dr_1 \cdot dz\, \vec{u_y} + \iint \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r_2} \vec{u_y} \cdot dr_2\, dz\, \vec{u_y}$$

$$d\vec{S} = dz\, dr\, (\pm \vec{u_\varphi}) \quad \left\{ \begin{array}{l} \vec{u_\varphi} = \vec{u_y} \\ dr = dr_1 = dr_2 \end{array} \right\}$$

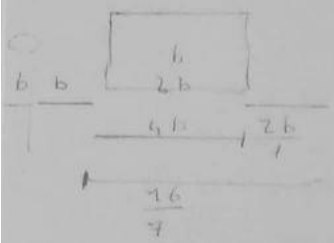


$\vec{B_1} \parallel -\vec{u_y}$

$\vec{B_2} \parallel \vec{u_y}$

$$\Phi_T = \iint \vec{B_1}\cdot d\vec{S} + \iint \vec{B_2}\cdot d\vec{S}$$

$$d\vec{S} = dr\,dz(\vec{u_\varphi}) \quad \left\{ \begin{array}{l} dr_1 = dr_2 = dr \\ \vec{u_\varphi} = \vec{u_y} \end{array} \right.$$



$$\Phi = \iint \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1}(-\vec{u_y})\, dr_1\, dz\, \vec{u_y} + \iint \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2}(\vec{u_y})\, dr_2\, dz\, \vec{u_y}$$

$$\Phi = -\frac{\mu_0 I_1}{2\pi}\int_{z_0}^{z_0+b} dz \cdot \int_{2b}^{4b}\frac{dr_1}{r_1} + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi}\int_{z_0}^{z_0+b} dz \cdot \int_{\frac{2b}{7}}^{\frac{16b}{7}}\frac{dr_2}{r_2}$$

$$\Phi = -\frac{\mu_0 I_1}{2\pi}(z_0+b-z_0)\cdot \ln(4b)-\ln(2b) + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi}(z_0+b-z_0)\ln\left(\frac{16b}{7}\right)-\ln\left(\frac{2b}{7}\right) =$$

$$\Phi = -\frac{\mu_0 I_1}{2\pi} b\cdot\ln(2) + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi} b\cdot \ln(8) \equiv 0$$

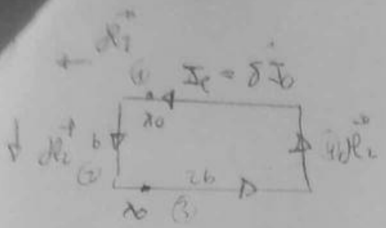
$$\frac{\mu_0 I_1}{2\pi} b \ln(2) = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi} b\ln(8) \to I_1 \ln(2) = I_2 \ln(8) \quad \{ I_2 = I_0 \}$$

$$\boxed{I_1 = 3I_0}$$

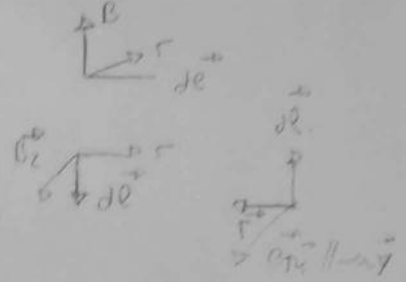
$$I_1 \cdot d\vec{l} \parallel -\vec{u_z} \to \vec{j_1} = j_1(-\vec{u_z})$$

$$\left.\begin{array}{l} \vec{j} \text{ uniforme} \\ \vec{j}\parallel d\vec{S_c} \end{array}\right\} I_1 = \iint \vec{j_1}\cdot d\vec{S_c} = \vec{j_1}\cdot S_c = j_1\cdot\pi b^2$$

$$j_1 = \frac{3I_0}{\pi b^2} \to \boxed{\vec{j_1} = \frac{3I_0}{\pi b^2}(-\vec{u_z})}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} I_1 = 3I_0 \\ I_2 = I_0 \end{array} \right\}$$



$$\vec{F_T} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} + \vec{F_4}$$

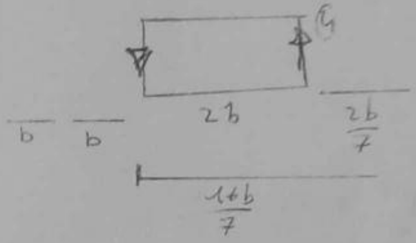
$$d\vec{F_i} = I_e \; d\vec{l_1} \times \vec{B_T}$$

$$\vec{B_T} = \frac{\mu_0 3I_0}{2\pi r_1}(-\vec{u_y}) + \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r_2}(\vec{u_y})$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d\vec{l_1} \parallel -\vec{u_x} \\ d\vec{l_3} \parallel \vec{u_x} \end{array} \right\}$$

$$\left[\begin{array}{l} d\vec{F_1}(x_0) = I_1 \cdot d\vec{l_1} \times \vec{B_1}(x_0)\,(\pm \vec{u_y}) \\ d\vec{F_3}(x_0) = I_3\, d\vec{l_3} \times \vec{B_3}(x_0)\,(\pm \vec{u_y}) \\ d\vec{F_1} = -\,d\vec{F_3}(x_0) \rightarrow \vec{F_1} = -\vec{F_3} \end{array} \right]$$

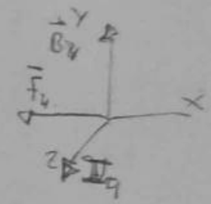
$$F_T = F_2 + F_4 \quad ; \quad F_i = I_e \int d\vec{l_i} \times \vec{B_T}$$



$$\vec{B_{T2}} = \frac{\mu_0 3I_0}{2\pi 2b}(-\vec{u_y}) + \frac{\mu_0 I_0}{2\pi \frac{16b}{7}}\vec{u_y}$$

$$d\vec{l_4} = b(-\vec{u_z})$$

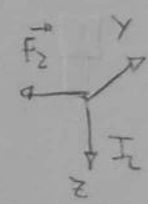
$$\left[\vec{B_{T2}} = -\frac{17\mu_0 I_0}{32\pi b}\vec{u_y} \parallel -\vec{u_y} \right]$$



$$\vec{B_{T4}} = \frac{\mu_0 3I_0}{2\pi 4b}(-\vec{u_y}) + \frac{\mu_0 I_0}{2\pi \frac{2b}{7}}(\vec{u_y})$$

$$\vec{B_{T4}} = \frac{\mu_0 I_0}{4\pi b}\left(-\frac{3}{2} + 7\right)(\pm\vec{u_y}) = \frac{11}{2} \cdot \frac{\mu_0 I_0}{4\pi b}\vec{u_y} = \frac{11\mu_0 I_0}{8\pi b}\vec{u_y}$$

$$\left[\begin{array}{l} \vec{F_{T4}} = 8I_0 \cdot b(+\vec{u_z}) \times \frac{11\mu_0 I_0}{8\pi b}\vec{u_y} = \frac{11\mu_0 I_0^2}{\pi} b(-\vec{u_x}) \\ \vec{F_{T2}} = 8I_0 \cdot b(-\vec{u_z}) \times \frac{17\mu_0 I_0}{32\pi b}(-\vec{u_y}) = \frac{17 I_0^2 \mu_0}{4\pi}(-\vec{u_x}) \end{array} \right] \times$$



Problema 1

1) $\vec{B}(0,y,0) = -\dfrac{2\mu_0 I_0}{\pi\left(4a^2 + y^2\right)}\left(y\vec{u}_x + 2a\,\vec{u}_y\right) - \dfrac{\mu_0 I_0}{6\pi a}\vec{u}_z$

2) $\Phi = \dfrac{\mu_0 I_0 S}{\pi a\sqrt{2}}$

Problema 2

1) $\Phi = \dfrac{\mu_0 \pi I b^2}{2a}$

2) $I_{hilo} = 3\pi I$, sentido $\left(-\vec{u}_y\right)$

Problema 3

1) $y = b - \dfrac{qE}{2mv_0^2}x^2$

2) $\vec{B} = B_x\,\vec{u}_x - \dfrac{E}{v_0}\vec{u}_z$, donde B_x puede tener cualquier valor.

Problema 4

1) $\vec{F} = \dfrac{B_0 IL}{2}\vec{u}_x$

2) $\vec{\tau} = -\dfrac{IB_0 L^2}{3}\vec{u}_z$

3) $B_0 = \dfrac{8\mu_0 I}{\pi L\sqrt{5}}$

Problema 5

1) $d = 6a$. Corriente en ② en el mismo sentido que en ①.

2) $\vec{m} \cdot - \dfrac{\left(7\vec{u}_x + 4\vec{u}_y\right)}{\sqrt{65}}$

Problema 6

1) $\vec{B}_1 = -\dfrac{3mv_0}{5qa}\vec{u}_y$

2) $\vec{v}_s = -\dfrac{3v_0}{5}\left(4\vec{u}_x + 3\,\vec{u}_z\right)$

Problema 7

1) b se mide en kg $A^{-1}s^{-2}m^{-1}$; c se mide en kg $A^{-1}s^{-2}m$; $\dfrac{c}{b} = a^2$

2) $\vec{F} = -\dfrac{19cI_0}{66}\vec{u}_x$

Problema 8

$I_3 = 4I_0$

Problema 9

1) La partícula sale con velocidad $\frac{qB_0a}{2m}\left(\vec{u}_y - \sqrt{3}\,\vec{u}_z\right)$ por el punto $\left(0, \frac{a\sqrt{3}}{2}, 0\right)$.

2) $\vec{E} = \frac{qB_0^2 a}{16m}\left(\vec{u}_y - \sqrt{3}\,\vec{u}_z\right)$

Problema 10

1) $\vec{B}(r < a) = 0$; $\vec{B}(a < r < 2a) = \frac{\mu_0 j}{2r}\left(r^2 - a^2\right)\vec{u}_\varphi$; $\vec{B}(r > 2a) = \frac{3\mu_0 j a^2}{2r}\vec{u}_\varphi$

2) Antihorario.

3) $d = 3a$

Problema 11

1) $I_1 = 2I$, sentido ⊙.

2) $\vec{\tau} = \frac{5m_0\mu_0 I}{2\pi d}\left(\vec{u}_y - \vec{u}_z\right)$

Problema 12

1) $\vec{j}_1 = \frac{3I_0}{\pi b^2}\left(-\vec{u}_z\right)$

2) $\vec{F} = \frac{61\mu_0 I_0^2}{4\pi}\left(-\vec{u}_x\right)$