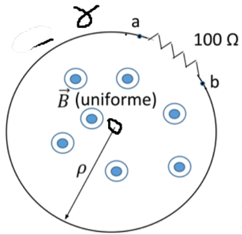
1 - Um condutor perfeito une as duas extremidades de um resistor conforme mostra a figura, sendo $B = 0{,}4 sen 120\pi t \frac{Wb}{m^2}$. Considerando desprezível o fluxo produzido pela própria corrente da espira, isto é, desprezando a indutância própria da espira, determine: *a)* $V_{ab}(t)$; $b)$ $I(t)$.



$$\begin{array}{ccc} \rho & \varphi & z \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ 1 & \rho & 1 \end{array}$$

V_{ab}

$V = IR$

$\frac{V_{ab}}{100\Omega} = I$

$\int E\, dl = V$

$V_{ab} = V^{t}_{ab} + \cancel{V^{m}_{ab}}$

$V_{ab} = -\int \frac{\partial B}{\partial t} d\vec{s}$

$V_{ab} = -0{,}4 \cdot 120\pi \int \cos 120\pi t \; d\vec{s}$

$\rho\, d\rho\, d\varphi$

$V_{ab} = -48\pi \cos 120\pi t \int_0^{\rho} \rho\, d\rho \int_0^{2\pi} d\varphi$

$\frac{\rho^2}{\cancel{2}} \quad \cancel{2}\pi$

$V_{ab} = -48\pi^2 (\cos 120\pi t)\, \rho^2$

1 - Um condutor perfeito une as duas extremidades de um resistor conforme mostra a figura, sendo $B = 0{,}4 sen 120\pi t \frac{Wb}{m^2}$.
Considerando desprezível o fluxo produzido pela própria corrente da espira, isto é, desprezando a indutância própria da espira, determine: *a)* $V_{ab}(t)$; $b)$ $I(t)$.

$$\int \vec{E}\cdot d\vec{l} = \cancel{\int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l}} + \int_b^a \vec{E}\cdot d\vec{l} = V_{ba}^{t}$$

$$\parallel$$

$$-\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{s}$$

$$\int_b^a \vec{E}\cdot d\vec{l} = V_{ab}^{t}$$

$$V_{ba} = -48\pi \cos 120\pi t \int \rho\, d\rho\, d\varphi$$

$$V_{ba} = -48\pi \cos 120\pi t \int_0^{\rho} \rho\, d\rho \int_0^{2\pi} d\varphi = -48\pi^2 \rho^2 \cos 120\pi t$$

$$\cancel{\frac{\rho^2}{2}} \quad 2\pi$$

$$\int \vec{E}\cdot d\vec{l} = V$$

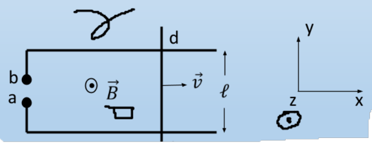
Problema 1:

Consideremos uma espira retangular condutora tendo um dos lados deslizante. A Densidade de Flux[o] Magnético $\vec{B}$ é normal ao plano da espira e é uniforme em toda a parte. O condutor deslizante se move com uma velocidade uniforme $\vec{v}$. Admitamos que $\vec{B}$ varie de acordo com

$$B = B_0 \cos\omega t$$

Obtenha a expressão para a *fem* induzida na espira.

Resolução:



$$V_{ab}^{t} = -\int_{s} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\, d\vec{s}$$

$$V_{ab}^{m} = \int \vec{v} \times \vec{B}\, d\vec{l}$$

$$\int \vec{E}\, d\vec{l} = V_{ab} = V_{ab}^{t} + V_{ab}^{m}$$

$$V_{ab}^{t} = -\int_{\gamma} -B_0 \omega\, \text{sen}\,\omega t\, \cancel{\hat{a}_z}\, dx\, dy\, \cancel{\hat{a}_z} = + B_0 \omega\, \text{sen}\,\omega t\, l x$$

$$V_{ab}^{m} = \int_{c}^{d} \vec{v} \times \vec{B}\, dl, \quad \int_{c}^{d} (v \hat{a}_x \times B \hat{a}_z)\, dy\, \hat{a}_y, \quad \int_{c}^{d} -vB \cancel{\hat{a}_y}\, dy\, \cancel{\hat{a}_y}$$

$$-vB \int_{c}^{d} dy, \quad -vB(d-c) = -v B_0 \cos\omega t\, (d-c) = -v B_0 \cos\omega t\, l$$

$$V_{ab} = V_{ab}^{t} + V_{ab}^{m} = B_0 \omega l x\, \text{sen}\,\omega t - v B_0 l \cos\omega t$$

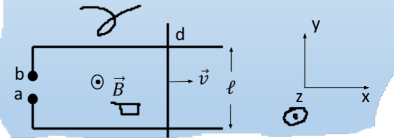
Problema 1:

Consideremos uma espira retangular condutora tendo um dos lados deslizante. A Densidade de Fluxo Magnético $\vec{B}$ é normal ao plano da espira e é uniforme em toda a parte. O condutor deslizante se move com uma velocidade uniforme $\vec{v}$. Admitamos que $\vec{B}$ varie de acordo com

$$B = B_0 cos\omega t$$

Obtenha a expressão para a *fem* induzida na espira.

Resolução:



$$V_{ba}^{t} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{s}$$

$$V_{ba}^{m} = \int \vec{v} \times \vec{B}\, d\vec{l}$$

$$\int \vec{E}\, d\vec{l} = V = V_{ba}^{t} + V_{ba}^{m}$$

$$\cancel{\int_a^b \vec{E}\, d\vec{l}} + \int_b^a \vec{E}\, d\vec{l} = V_{ba} = V_{ba}^{t} + V_{ba}^{m}$$

$$V_{ba}^{t} = +\int (B_0 \omega \sin \omega t)\cancel{\hat{a}_z}\, dx\, dy\, \cancel{\hat{a}_z} = B_0 \omega \sin \omega t \; x \; l \qquad xyz$$

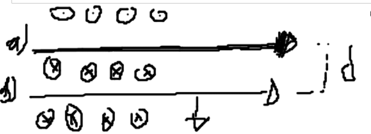
$$V_{ba}^{m} = \int (v \hat{a}_x \times B \hat{a}_z)\, dy\, \hat{a}_y$$

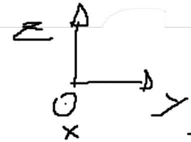
$$-\int v B\, \cancel{\hat{a}_y}\, dy\, \cancel{\hat{a}_y}$$

$$V_{ba} = B_0 \omega x l \sin \omega t - v B_0 l \cos \omega t$$

$$V_{ba}^{m} = -vBl$$

2 – Dois condutores retos, longos e paralelos, conduzem 100 A. Se eles estiverem separados 20 mm um do outro, qual é a força por metro de comprimento sobre um condutor, se as correntes fluírem a) em sentidos opostos e b) no mesmo sentido?

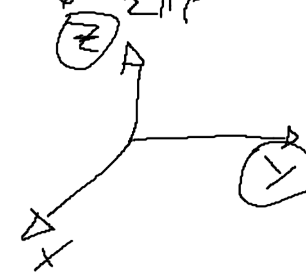




$$\oint H \cdot dL = \int_0^{2\pi} H_\phi \rho \, d\phi = H_\phi \rho \int_0^{2\pi} d\phi = H_\phi 2\pi\rho = I$$

$$H_\phi = \frac{I}{2\pi\rho} \hat{a}_\phi$$

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



$$dF_m = I \, d\vec{L} \times \vec{B}$$

$$\vec{F}_m = I \int dy \, \hat{a}_y \times B(\hat{a}_x)$$

x y z

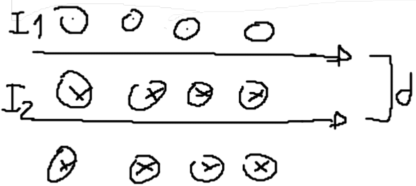
$$\vec{F}_m = I \int dy \, B \, \hat{a}_z$$

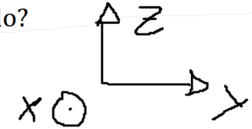
$$\vec{F}_m = \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi d} \hat{a}_z$$

$$\vec{F}_m = I \int_0^l B \, dy, \quad I B l, \quad l I_b \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_a}{2\pi d} \left(\hat{a}_z \right)$$

$$\vec{F}_m = I_b B l \hat{a}_z$$

2 – Dois condutores retos, longos e paralelos, conduzem 100 *A*. Se eles estiverem separados 20 *mm* um do outro, qual é a força por metro de comprimento sobre um condutor, se as correntes fluírem a) em sentidos opostos e b) no mesmo sentido?





$$d\vec{F}_m = I\, dL \times \vec{B}$$

$$\oint \vec{H}\, d\vec{l} = I_1$$

$$\int_0^{2\pi} H_\phi \hat{a}_\phi \rho\, d\phi\, \hat{a}_\phi = I_1$$

$$\mu_0 H_\phi = \frac{I_1 \mu_0}{2\pi\rho} = B_\phi = -B\hat{a}_x$$

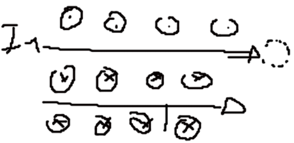
$$F_2 = \int I_2\, d\vec{L} \times \vec{B} \Rightarrow F_2 = -\int I_2\, dy\, \hat{a}_y \times B\, \hat{a}_x$$

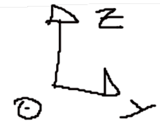
$x\ y\ z$

$$F_2 = +\int_0^{l} I_2 B\, dy\, \hat{a}_z = \frac{I_2 I_1 \mu_0\, l\, \hat{a}_z}{2\pi\rho}$$

$$\frac{\cancel{100}\cdot\cancel{100}\cdot 4\pi\cdot 10^{-7}}{1\cdot 2\pi\cdot 20\cdot 10^{-3}} = \frac{1}{10} = 0{,}1$$

2 – Dois condutores retos, longos e paralelos, conduzem 100 *A*. Se eles estiverem separados 20 *mm* um do outro, qual é a força por metro de comprimento sobre um condutor, se as correntes fluírem a) em sentidos opostos e b) no mesmo sentido?





$$df_m = I\,dl \times B$$

$$B = \mu_0 H$$

$$F = \int I\,\vec{dl} \times B$$

$$\oint \vec{H}\,\vec{dl} = I_1$$

$$F = -\int I\,dx\,\hat{a}_y \times B\hat{a}_x$$

$$\int \vec{H}\rho\,d\phi\,a_\phi = I_1$$

$$F = +\int I_2 B\,\hat{a}_z\,dy = \quad F = I_2 B\,\hat{a}_z \int_0^l dy = I_2 B\,\hat{a}_z\, l$$

$$H_\phi \cancel{a_\phi}\,\rho\,d\phi\,\cancel{a_\phi} = I_1$$

$$H\rho \int_0^{2\pi} d\phi = I_1$$

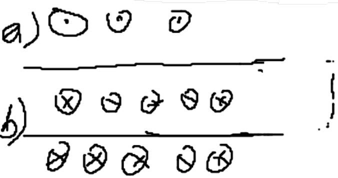
$$\frac{F}{l} = \frac{I_2 I_1 \mu_0}{2\rho\pi} a_z$$

$$B = \mu_0 H_\phi = \frac{I_1 \mu_0\, a_\phi}{2\rho\pi}$$, NO PONTO

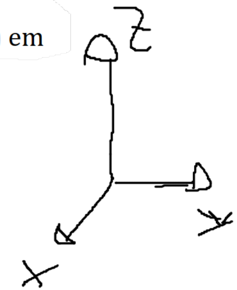
$$\hat{a}_\phi = -\hat{a}_x$$

$$\frac{F}{l} = \frac{I_2 I_1 \mu_0\,\hat{a}_z}{2\rho\pi}$$

2 – Dois condutores retos, longos e paralelos, conduzem 100 A. Se eles estiverem separados 20 mm um do outro, qual é a força por metro de comprimento sobre um condutor, se as correntes fluírem a) em sentidos opostos e b) no mesmo sentido?



$$B = \frac{-\mu_0 I_a}{2\pi d}\hat{a}_x$$



$$dF_m = I_B\, dL \times B$$

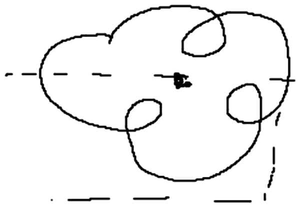
X Y Z

$$F_m = I_B \int dL \times B$$

$$f_m = I_B \int dx\, \hat{a}_y \times \frac{-\mu_0 I_a \hat{a}_x}{2\pi d}$$

$$F_m = I_B \int_0^l \frac{dy\, \mu_0 I_a (\hat{a}_z)}{2\pi d} = \frac{I_B I_a \mu_0}{2\pi d}\int_0^l dy = \boxed{\frac{I_B I_a \mu_0 l}{2\pi d}}$$

3 – Calcule a indutância de uma bobina toroidal com núcleo de ar, área de seção transversal de 1.000 mm^2 e raio médio de 500 mm. O toroide tem um enrolamento uniforme de 10.000 espiras.



LEI DE AMPERE

$$\oint \vec{H}_{ESP}\cdot d\vec{l} = I = \frac{\oint \vec{H}_{TOR}\cdot d\vec{l}}{N}$$

?

$$L = \frac{N\phi}{I}$$

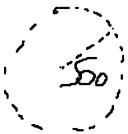
$$\mu_0 H = B$$

$$\oint \vec{H}_{TOR}\cdot d\vec{l} = IN$$

$$H_\phi r 2\pi = IN, \quad H_\phi = \frac{IN}{r2\pi}, \quad B_\phi = \frac{IN\mu_0}{2r\pi}$$

$$\int \vec{B}\, d\vec{A} = \phi, \quad B\,AREA = \phi, \quad L = \frac{B\,AREA\,N}{I}, \quad \frac{\cancel{I} N \mu_0 \cdot N}{2\pi r \cancel{I}} = \frac{N^2 \mu_0}{2\pi r}$$

3 – Calcule a indutância de uma bobina toroidal com núcleo de ar, área de seção transversal de 1.000 mm^2 e raio médio de 500 mm. O toroide tem um enrolamento uniforme de 10.000 espiras.



AREA = 1000

$$\frac{\oint H\, d\vec{l}}{N} = I$$

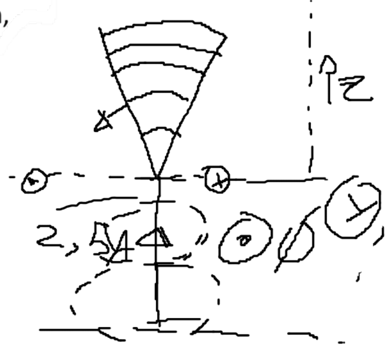
$$L = \frac{N\phi}{I}$$

$$B = \mu_0 H$$

4 - Uma corrente de 2,5 A flui no sentido $+\hat{a}_z$, em um filamento situado na parte negativa do eixo z. Na origem, ela flui para fora e para cima como uma corrente sobre uma superfície cônica $\theta = 45^{\circ}$. Use a lei circuital de Ampère para encontrar $\vec{H}$ em todo o espaço.

REGIÃO 2

REGIÃO 1



$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I = \int \vec{J} \, d\vec{s}$$

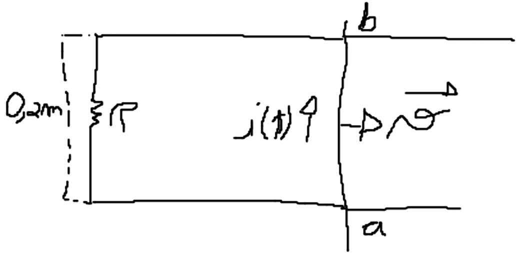
$$\oint H_\phi \hat{a}_\phi \cdot \rho \, d\phi \, \hat{a}_\phi = I$$

$$H_\phi \rho \int_0^{2\pi} d\phi = I$$

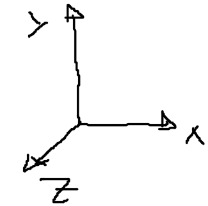
$$H_\phi \rho \, 2\pi = I$$

$$\vec{H} = \frac{I}{2\pi\rho} \hat{a}_\phi$$

$$J = \frac{I}{A}$$



$B = 0{,}8\,\hat{a}_z$



x y z

$l = b - a$

$$V^m = \int_a^b (v \times B)\, d\vec{l} = \int_a^b (v\,\hat{a}_x \times B\,\hat{a}_z)\, dy\,\hat{a}_y = -\int_a^b vB\,dy = vBl$$

$$v = \frac{dx}{dt},\quad \int v\,dt = \int dx,\quad x = vt + A = A = 2$$

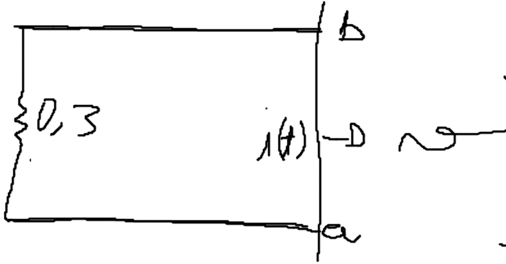
$$x = vt + 2$$

$$R = \frac{x}{\sigma A}$$

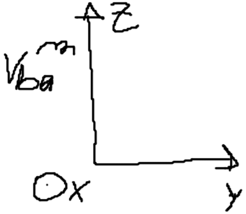
$$\frac{1\rho}{A} = C,\qquad Cm\ x = 16$$

$$R = xC + R_0$$

$$I = \frac{V}{R(t)} = \frac{vBl}{2\cdot(vt+2)C + R_0}$$



$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l} + \int_b^a \vec{E}\cdot d\vec{l} = V_{ba}^{t} + V_{ba}^{m}$$



$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} =$$

$$\oint \vec{E}\, d\vec{l} = V_{ba}^{t} = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$

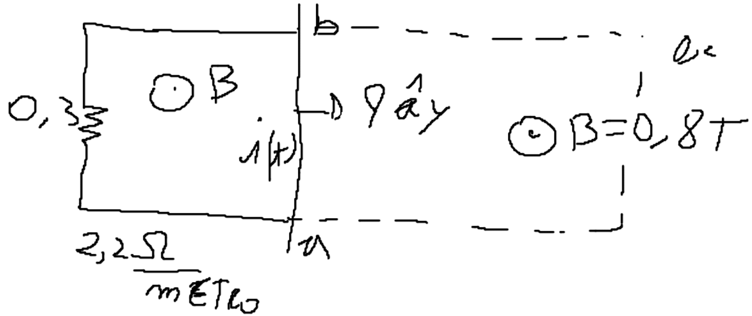
$$V_{ba}^{t} = -\int \frac{\partial B}{\partial t}\, d\vec{s} = -\frac{\partial}{\partial t}\int B\, d\vec{s}$$

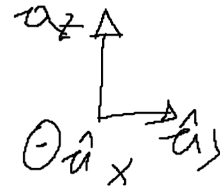
$$F = Q\vec{v}\times\vec{B}, \quad \int E_m = \frac{F}{Q} = \int \vec{v}\times\vec{B}, \qquad V = f_{em} = \int_a^b \vec{v}\times\vec{B}\cdot d\vec{l}$$

$$\int E_m = V = F_{em}$$

$y_0 = 2$

$V = IR$





$$V = \int \vec{E}\,d\vec{l} + \int v \times B\,dl$$

$$V = V_{ab}^{t} + V_{ab}^{m}$$

$$V = V_{ab}^{m} = \int \vec{v} \times \vec{B}\,d\vec{l}$$

$$V = \int_0^{0,2} (9\hat{a}_y \times 0,8\hat{a}_x) \cdot dz\,\hat{a}_z$$

$$V = -9 \cdot 0,8 \int_0^{0,2} dz = -1,44\,V$$

$$\cancel{\oint \vec{E}\,d\vec{l} = \frac{\partial \phi}{\partial t} = 0}$$

$$I(t) = \frac{V}{R(t)}, \quad R(t) = 2R_1 + 0,3$$

$$R_1 = \frac{y\rho}{A} = c\,y = 2,2y$$

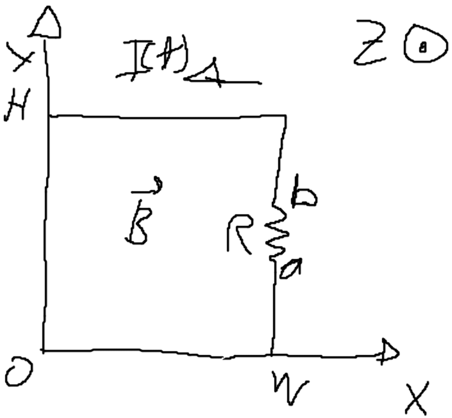
$$\frac{dy}{dt} = v = 9$$

$$y = (9t + 2)$$

$$I(t) = \frac{-1,44}{4,4y + 0,3}$$

$$I(t) = \frac{-1,44}{4,4(9t+2) + 0,3}$$

Um filamento, condutor perfeito, contendo um pequeno resistor de 500 Ω, é formado por um quadrado, como ilustrado na figura. Obtenha $I(t)$ se a) $\vec{B} = 0,3\cos(120\pi t - 30^\circ)\hat{a}_z$ T; b) $0,4\cos[\pi(ct - y)]\hat{a}_z$ μT, em que $c = 3\cdot 10^8$ m/s.



$$V_{ab} = V^t_{ab} + V^m_{ab} \qquad \cancel{V^m_{ab} = \int (\vec{v} \times \vec{B})\,d\vec{l}}$$

$$V^t_{ab} = -\int \frac{\partial B}{\partial t}\,dS$$

$$\int \vec{E}\,d\vec{l} = V^t_{ab} = -\int \frac{\partial \vec{B}'}{\partial t}\,dS$$

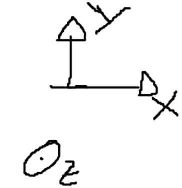
$$V^t_{ab} = -\frac{\partial}{\partial t}\int_{H\,W} 0,3\cos(120\pi t - 30^\circ)\cancel{\hat{a}_z}\,dx\,dy\,\cancel{\hat{a}_z}$$

$$0,3\cdot 120\pi HW\,\mathrm{sen}(120\pi t - 30^\circ) = V^t_{ab}$$

$$V^t_{ab} = -\frac{\partial}{\partial t}0,3\cos(120\pi t - 30^\circ)\int_0\int_0 dx\,dy$$

$$I = \frac{V^t_{ab}}{R}$$

Um filamento, condutor perfeito, contendo um pequeno resistor de 500 Ω, é formado por um quadrado, como ilustrado na figura. Obtenha $I(t)$ se a) $\vec{B} = 0{,}3\cos(120\pi t - 30^\circ)\,\hat{a}_z$ T; b) $0{,}4\cos[\pi(ct - y)]\,\hat{a}_z$ μT, em que $c = 3\cdot 10^8$ m/s.



$$B = 0{,}3\cos(120\pi t - 30^\circ)\,\hat{a}_z$$

$$V = \int \vec{E}\,d\vec{l} + \cancel{\int \vec{v}\times\vec{B}\,d\vec{l}}^{\,0}$$

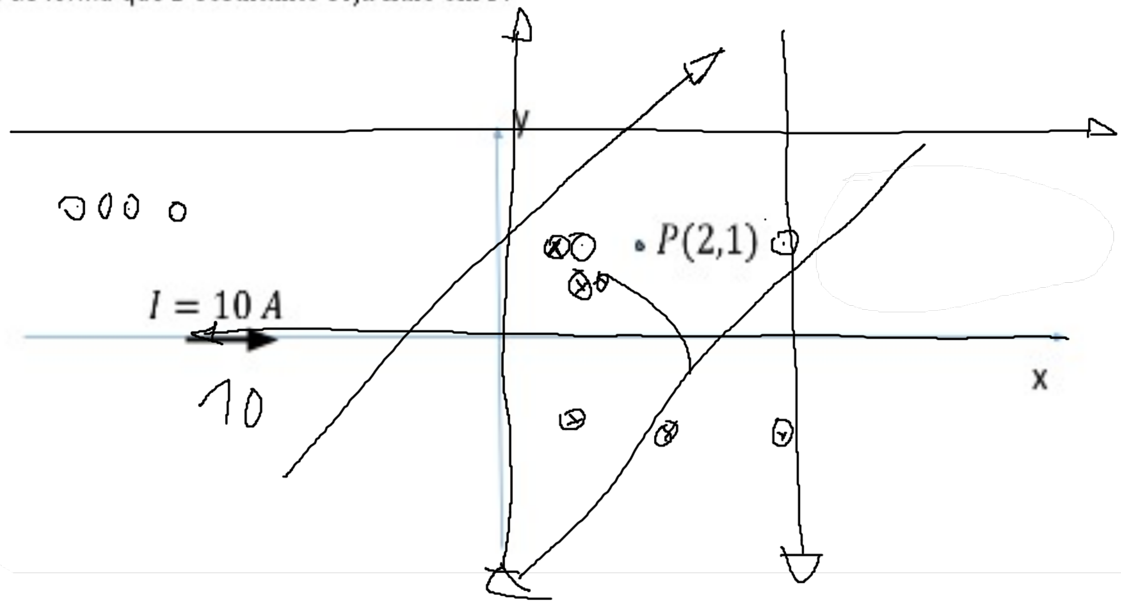
$$V = \cancel{\int_a^b \vec{E}\,d\vec{l}} + \int_b^a \vec{E}\,d\vec{l} = V_{ba}(t) = -\int \frac{\partial B}{\partial t}\,d\vec{s} = \frac{-\partial}{\partial t}\int \vec{B}\,d\vec{s} = \frac{-\partial \Phi}{\partial t}$$

a) $+\int 120\pi\cdot 0{,}3\,\mathrm{SEN}(120\pi t - 30^\circ)\,\cancel{\hat{a}_z\,\hat{a}_z}\,dx\,dy = 48\pi$

a) $48\pi\,\mathrm{SEN}(120\pi t - 30^\circ)\times l$

a.

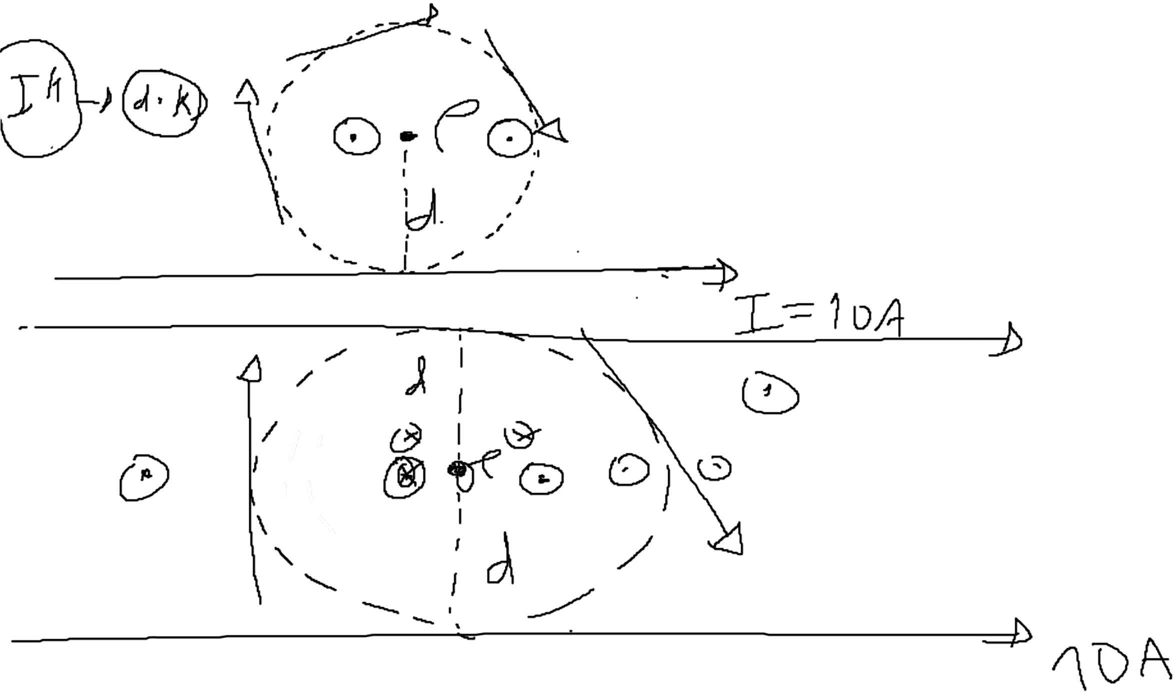
12 – A figura mostra um fio longo e reto, levando uma corrente de 10 A. Especifique a configuração de fio, ou fios, e a corrente nesse fio, ou fios, de forma que $\vec{B}$ resultante seja nulo em P.



$$\oint \vec{H}\, d\vec{l} = I$$

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

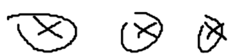
$I k \to d \cdot k$



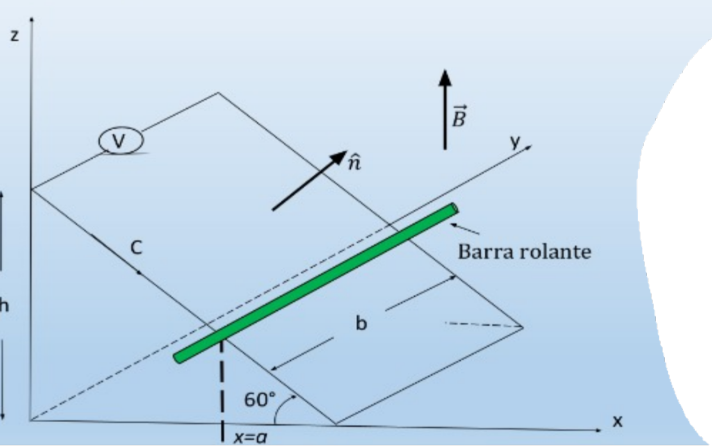
$$\int \vec{H}\, d\vec{l} = I$$

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

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



Problema 4: Uma barra condutora rola por um plano inclinado de 60° com uma velocidade $\vec{v} = \frac{1}{2}x(\hat{a}_x - \sqrt{3}\hat{a}_z)$ na presença de um campo magnético variável com o tempo $\vec{B} = B_0 y sent\hat{a}_z$, onde B_0 é uma constante positiva. Qual é a leitura instantânea do voltímetro quando a barra passa pelo plano *x=a*?



$$V = V^t_{ab} + V^m_{ab}$$

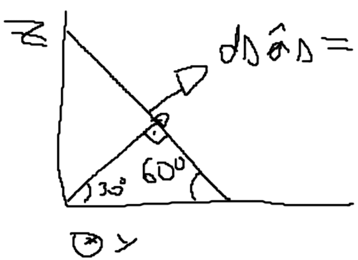
$$V = -\int \frac{\partial B}{\partial t} d\vec{s} + \int \vec{v} \times \vec{B} d\vec{l}$$

$$V = -\int B_0 y \cos t \, \hat{a}_z \, d\vec{s} + \int \vec{v} \times \vec{B} d\vec{l}$$

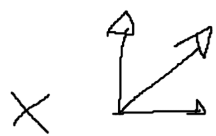
$$V = -B_0 y \cos t \int \hat{a}_z \cdot (dx dy \hat{a}_z + \cancel{dz dy \hat{a}_x})$$

$$V = -B_0 \cos t \int y \, dx dy + \int \vec{v} \times \vec{B} d\vec{l}$$

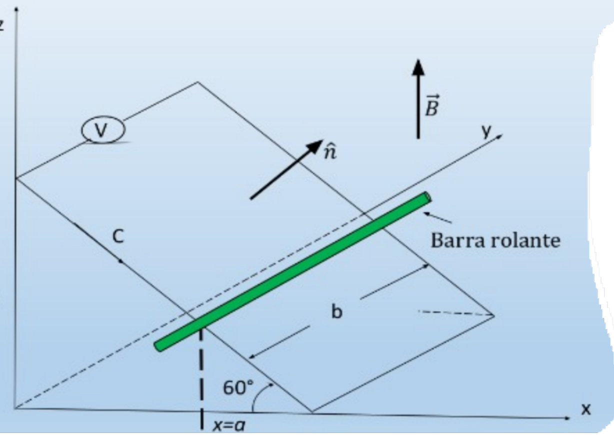
$$V = \frac{-B_0 b^2 z \cos t}{2} + \int$$



$$ds \, \hat{a}_s = (dx dy \hat{a}_z + dz dy \hat{a}_x)$$



Problema 4: Uma barra condutora rola por um plano inclinado de 60° com uma velocidade $\vec{v} = \frac{1}{2}x(\hat{a}_x - \sqrt{3}\hat{a}_z)$ na presença de um campo magnético variável com o tempo $\vec{B} = B_0 y sent \hat{a}_z$, onde B_0 é uma constante positiva. Qual é a leitura instantânea do voltímetro quando a barra passa pelo plano *x=a*?



x y z

$$V_{ob}^{m} = \int \vec{v} \times \vec{B} \cdot \vec{dl}$$

$$\frac{1}{2}\int (x\hat{a}_x - \cancel{\sqrt{3}x\hat{a}_z}) \times B\hat{a}_z \cdot \vec{dl}$$

$$-\frac{1}{2}\int x B\, \cancel{\hat{a}_y} \cdot dy\, \cancel{\hat{a}_y}$$

$$-\frac{1}{2} x B_0 sen t \int y\, dy = \frac{-x b^2 B_0 sen t}{4}$$

5 – Uma superfície plana S separa dois meios condutores, homogêneos e lineares. Mostre que, se uma corrente Estacionária cruza de um meio para o outro, uma densidade superficial de carga surge sobre S com densidade

$$\rho_s = \left(\frac{\varepsilon_2}{\sigma_2} - \frac{\varepsilon_1}{\sigma_1}\right)\vec{J}_1.\hat{n}$$

$$\hat{a}_n \cdot (D_2 - D_1) = \rho_s$$

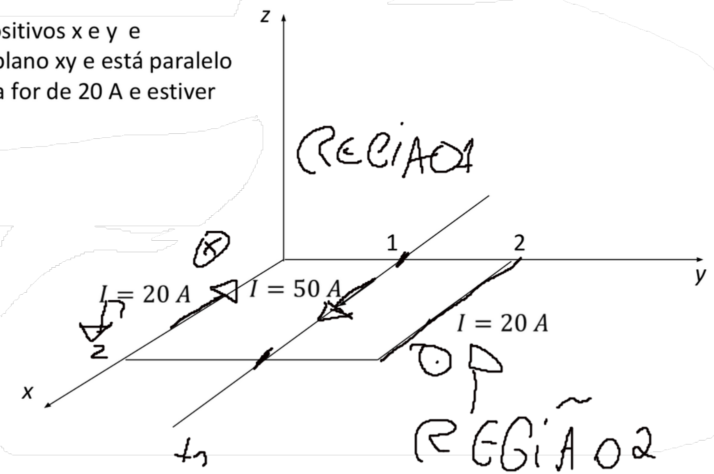
$$\hat{a}_n \cdot (\epsilon_2 \vec{E}_2 - \epsilon_1 \vec{E}_1) = \rho_s$$

$$J = \sigma \vec{E}$$

$$\hat{a}_n \cdot \left(\frac{J_2 \epsilon_2}{\sigma_2} - \frac{J_1 \epsilon_1}{\sigma_1}\right) = \rho_s$$

$J_2 = J_1$ PORQUE ?

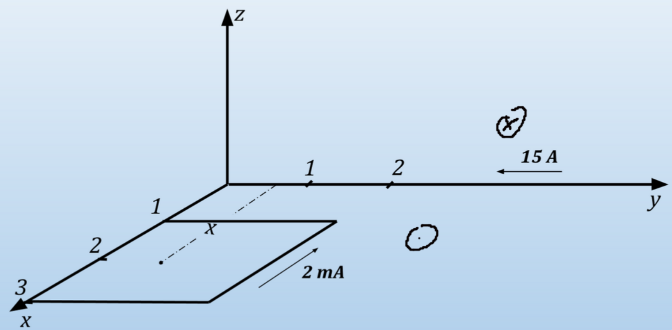
6 – Uma espira quadrada com 2 m de lado está com as bordas coincidindo com os eixo positivos x e y e um canto na origem. Um fio reto e longo com 50 A fluindo no sentido +x está situado no plano xy e está paralelo ao eixo x a uma distância de 1 m (o fio cruza a espira sem tocá-la). Se a corrente da espira for de 20 A e estiver fluindo no sentido horário, vista do sentido +z, obtenha o valor da força na espira.



$$\oint \vec{H}\, d\vec{l} = I_1 \Rightarrow \mu_0 H = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi y}\ \overset{(1)}{\hat{a}_z} \quad \overset{(2)}{-\hat{a}_z}$$

$$F = -\frac{I_2 I_1 \mu_0}{2\pi}\left(\int_1^0 \frac{-\hat{a}_z}{y} \times -dy\,\hat{a}_y + \int_2^0 -\frac{\hat{a}_z}{0} \times -dx\,\hat{a}_x + \int_0^1\right.$$

Problema 2: A espira quadrada da figura localizada em *z=0* leva uma corrente *I=2 mA* em um campo magnético de um filamento infinito de corrente ao longo do eixo *y*. Obtenha a força total atuando sobre a espira.



xyz   V=Ir

$$\mu_0 \vec{H} = \frac{I_1 \mu_0}{2\pi x}\hat{a}_z = \vec{B}$$

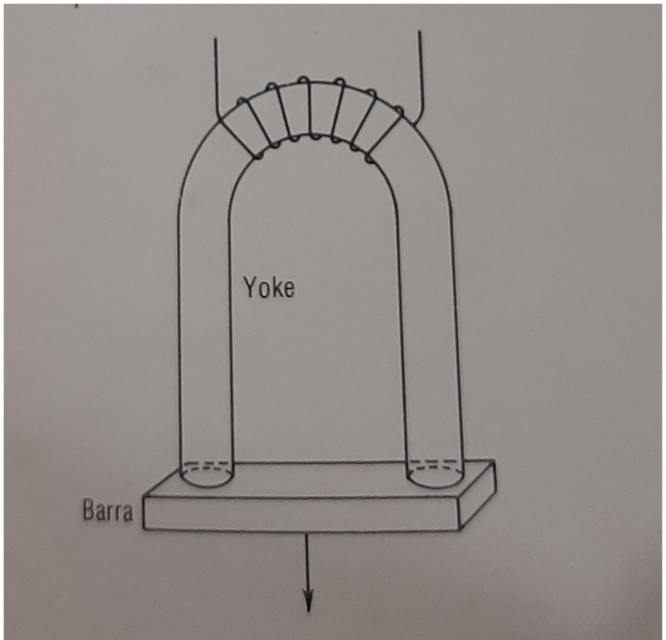
$$F = \int I_2 \, d\vec{l} \times \vec{B}$$

$$F = -I_2 \int \vec{B} \times d\vec{l}$$

$$F = \left(\cancel{\int_1^3 \frac{\hat{a}_z}{x} \times dx\,\hat{a}_x + \int_3^1 \frac{\hat{a}_z}{x} \times dx\,\hat{a}_x} + \int_0^2 \frac{\hat{a}_z}{3} \times dy\,\hat{a}_y + \int_2^0 \hat{a}_z \times dy\,\hat{a}_y \right)$$

$$-\frac{I_2 I_1 \mu_0}{2\pi}\frac{y}{3}\hat{a}_x \qquad \frac{\cancel{2}\cdot 10^{-3}\cdot 15}{\cancel{2\pi}}\frac{y}{3}\,10^{-7}\cdot 4\cancel{\pi} \qquad 4\cdot(2\cancel{0}\cdot 10^{-10}) = 2\,m\cdot y$$

Problema 2: Um eletroímã consiste de um "yoke" de ferro com forma de U e de uma barra de ferro como mostra a figura abaixo. Uma lâmina fina de cobre sobre a barra evita o contato de ferro com ferro entre a barra e o "yoke". Se o fluxo magnético através do circuito for de 15 mWb e a área de contato da barra e do "yoke" for de 0,015 m^2 por polo, qual será o peso máximo que o "yoke" suportará (incluindo o peso da barra)? Despreze o efeito de bordas.



Resolução: A força de atração entre cada face polar e a barra e ferro é dada por

$$F = \frac{B^2 A}{2\mu_0}$$

O fluxo magnético ψ_m é dado por

$$\psi_m = BA.$$

Daí,

$$B = \frac{\psi_m}{A} = \frac{15 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-3}} = 1\, Wb\, m^{-2}$$

Assim,

$$F = \frac{1^2 \times 0{,}015}{2 \times 4 \times \pi \times 10^{-7}} = 608{,}4\, kgf$$

O peso máximo que o "yoke" suporta é o dobro dessa força, pela existência dos dois *gaps;* ou seja $P = 1.217{,}3\ kgf$.