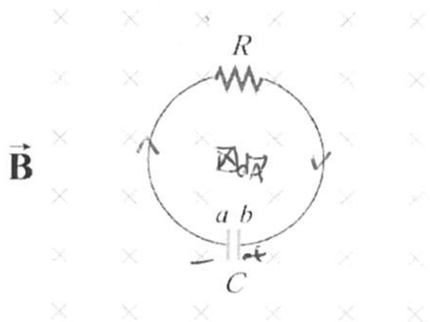
Question 8

Considere um fio circular de raio r no plano xy como mostrado na figura. O fio tem uma resistência R e está conectado em um capacitor de capacitância C, inicialmente descarregado. Existe um campo magnético uniforme com intensidade B entrando no plano xy. A intensidade do campo magnético varia com o tempo com uma taxa constante $dB/dt = -\alpha$, com $\alpha > 0$.



a) (3 pontos) Qual a FEM induzida no circuito?

b) (3 pontos) Qual a carga máxima do capacitor?

c) (4 pontos) Qual placa, a ou b, tem potencial maior? Justifique sua resposta.

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9 ☐10

(A) NA ORIENTAÇÃO MOSTRADA NA FIGURA,

$$\Phi_B(t) = \int_S \vec{B}\cdot d\vec{A} = \int_S B\,dA = B\cdot\pi r^2$$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{dB}{dt}\pi r^2 \Rightarrow \boxed{\mathcal{E} = \alpha\pi r^2}$$

(B) LEI DE KIRCHHOFF: $\mathcal{E} - RI - \frac{Q}{C} = 0$,

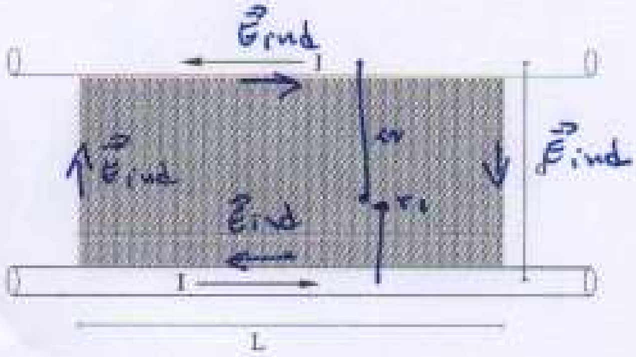
QUANDO $Q = Q_{máx}$; $I \to 0$, LOGO:

$$\mathcal{E} = \frac{Q_{máx}}{C} \Rightarrow \boxed{Q_{máx} = C\alpha\pi r^2}$$

(C) PELA LEI DE LENZ, A CORRENTE ESTÁ NO SENTIDO INDICADO NA FIGURA. LOGO, $V_b > V_a$ (b TEM ACÚMULO DE CARGAS POSITIVAS E a DE NEGATIVAS).

Question 8

Considere dois fios longos, retos e paralelos, de raio r e separados por uma distância d, como na figura ao lado. Esses fios transportam corrente $I(t)$ para um circuito distante. Os campos dentro dos fios podem ser considerados uniformes.



a) (3 pontos) Ache o campo magnético em função da corrente I que passa pelo segmento de plano entre os dois fios.

b) (2 pontos) Ache o fluxo magnético que passa pela área rachurada na figura devido a cada um dos fios. Em seguida, ache o fluxo magnético total pela área rachurada.

c) (3 pontos) Assummindo que $dI(t)/dt > 0$, indique na figura a direção e sentido do campo elétrico induzido na borda da área rachurada da figura. Justifique sua resposta no espaço abaixo.

d) (2 pontos) Qual a indutância por unidade de comprimento do conjunto.

□0 □1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10

a) $\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{int}$

$B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_1}$ (fora da página)

$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_2}$ (fora da página)

$$B_{total} = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{d-r_1}\right) = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\frac{d}{r_1(d-r_1)}$$

b) $$\Phi_1 = \int d\vec{A}\cdot\vec{B} = \frac{l\mu_0 I}{2\pi}\int_r^{d-r} dr_1 \frac{1}{r_1} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} l \ln\left(\frac{d-r}{r}\right)$$

$$\Phi_2 = \int d\vec{A}\cdot\vec{B}_2 = \frac{l\mu_0 I}{2\pi}\int_{d-r}^{r}\frac{1}{d-r_1}dr_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi} l \ln\left(\frac{d-r}{r}\right)$$

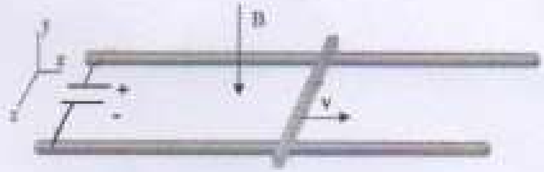
$$\Phi_{total} = \Phi_1 + \Phi_2 = \frac{\mu_0 I}{\pi} l \ln\left(\frac{d-r}{r}\right)$$

c) pela lei de Lenz.

d) $$\mathcal{E}_{ind} = -\frac{d}{dt}\Phi = \frac{\mu_0 l}{\pi}\ln\left(\frac{d-r}{r}\right)\frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{L}{l} = \frac{\mu_0}{\pi}\ln\left(\frac{d-r}{r}\right)$$

Question 7

Uma barra metálica de massa M, inicialmente em repouso, desliza sem atrito sobre trilhos separados por uma distância L. Os trilhos estão conectados por um capacitor com capacitânica C e o conjunto barra e trilhos tem resistência R. No instante $t = 0$ o capacitor tem uma carga Q_0 (a carga nas placas está indicada na figura) e a corrente no circuito é zero. Existe um campo magnético uniforme perpendicular ao plano dos trilhos com sentido -y. Nesse problema despreze a auto-indutância do conjunto.



a) (2 pontos) Escreva a equação de movimento (segunda lei de Newton) para o corpo em função da corrente no circuito, I, do comprimento da barra, L, do campo magnético, B, e da massa da barra, M.

b) (2 pontos) Escreva a lei de Kirchhoff para o circuito.

c) (3 pontos) Ache a corrente $I(t)$ que passa pelo circuito em função de Q_0, R, C, L, B, e M, Q

d) (3 pontos) Quando a barra atinge sua velocidade final, a carga no capacitor NÃO é nula. Explique a razão. Determine a carga no capacitor em função dessa velocidade final v_f (ela não precisa ser determinada) e das outras constantes do problema.

□0 □1 □2 □3 □4 □5 □6 □7 □8 □9 □10

a) $Ma_x = I\ell B \quad \therefore \quad a_x = \frac{I\ell B}{M}$

b) $\frac{Q}{C} - RI - \ell B v_x = 0 \Leftarrow \mathcal{E}_{ind} = -\frac{d}{dt}(B\ell x)$

c) $\frac{dQ}{dt} = -I$

$-\frac{1}{C} I - R\frac{dI}{dt} - \ell B a_x = 0$

$I + RC\frac{dI}{dt} + \frac{\ell^2 B^2 C I}{M} = 0$

$\frac{dI}{dt} + \frac{1}{RC}\left(1 + \frac{\ell^2 B^2}{M} C\right) I = 0 \Rightarrow \frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC}\left(1 + \frac{\ell^2 B^2 C}{M}\right)$

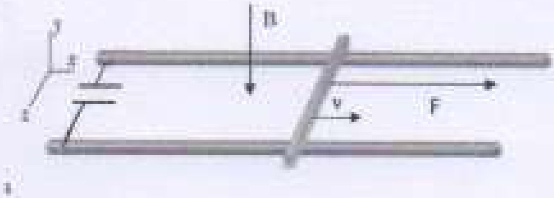
$I = I_0\left(1 - e^{-t/\tau}\right) \; ; \; I_0 = \frac{Q_0}{RC}$

d) Apesar da corrente ser nula, ainda há uma força eletromotriz induzida ($v \neq 0$). Usando o ítem (b)

$Q_{final} = \ell B C v_{final}$

Question 7

Uma barra metálica de massa m, inicialmente em repouso, desliza sem atrito sobre trilhos separados por uma distância L. A barra sofre a ação de um força $\vec{F}$ constante. Os trilhos estão conectados por um capacitor com capacitânica C e a resitência do conjunto barra+trilhos é R. Para tempos curtos podemos desprezar a auto-indutância do circuito. Existe um campo magnético uniforme perpendicular ao plano dos trilhos com sentido $-\hat{y}$.



a) (1 ponto) Escreva a equação de movimento (segunda lei de Newton) para a barra em função da corrente no circuito, I, do comprimento da barra, L, do campo magnético, B, e da força $|\vec{F}|$, e sua massa, m.

b) (2 pontos) Partindo da lei de Faraday, escreva a expressão para a força eletromotriz induzida quando a barra se movimenta com velocidade v.

c) (2 pontos) Escreva a lei de Kirchhoff para o circuito em função de I, C, L, B, ~~M~~ v, e M, Q), R

d) (3 pontos) Considerando o limite de $R = 0$, ache a corrente I que passa pelo circuito em função de C, L, B, $|\vec{F}|$, e M.

e) (2 ponto) Para tempos longos a auto-indutância do circuito não pode ser desprezada. Explique a razão.

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9 ☐10

a) $F_{total} = m a_x$

$|F| - B\ell I = m a_x$

b) $\mathcal{E}_{ind} = -\frac{d}{dt}\int d\vec{A}\cdot\vec{B} = -B\ell v_x$

c) $\frac{Q}{C} - B\ell v_x + RI = 0$

d) $\begin{cases} \frac{Q}{C} - B\ell v_x = 0 \\ \frac{1}{C}\frac{dQ}{dt} - B\ell a_x = 0 \end{cases}$

$\frac{dQ}{dt} = +I$

$\frac{I}{C} - \frac{B\ell}{m}(|F| - B\ell I) = 0$

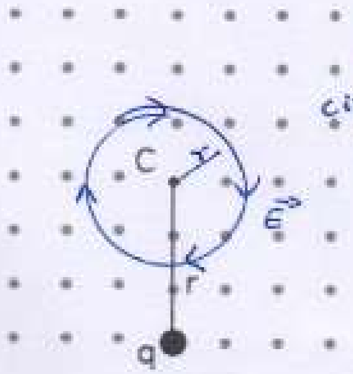
$I\left(1 - \frac{CB^2\ell^2}{m}\right) = \frac{CB\ell|F|}{m}$

$I = \frac{CB\ell|F|}{m - CB^2\ell^2}$

e) a auto-indutância aumenta com ~~[illegible]~~ o tempo, pois a área do circuito aumenta. O problema lembra o caso da auto-indutância do cabo coaxial.

Question 8

O campo magnético gerado por um eletroimã circular é mostrado na figura e aponta para fora da página. O ponto C corresponde ao centro desse eletro-imã e uma partícula de carga q é colocada em repouso a uma distância r desse ponto. A magnitude do campo magnético em função do tempo é dada por $B(t) = \beta t$, onde a constante $\beta > 0$.



Linhas de campo E são círculos centrados em "C",

a) (2 pontos) Desenhe sobre a figura as linhas de campo elétrico induzido pela variação do campo magnético, indicando claramente suas direções e sentido. Justifique sua resposta no espaço abaixo.

b) (3 pontos) Determine a magnitude do campo elétrico na posição da partícula de carga q no instante $t = 0$.

c) (3 pontos) Após um tempo T o campo magnético para de crescer e a velocidade da particula é v. Determine o raio da órbita da partícula.

d) (2 pontos) Qual o trabalho realizado pela eletro-imã?

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9 ☐10

a) pela lei de Faraday e usando a simetria do problema, ~~nessa~~ temos

$\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\int d\vec{A}\cdot\vec{B} \Rightarrow$ escolhemos um circulo de raio r centrado em C para o caminho e a área delimitada por esse círculo para a integral de área

$$|\vec{E}| = \frac{r}{2}\frac{d|\vec{B}|}{dt} = \frac{r\beta}{2}$$

como o fluxo esta aumentando, pela lei de Lenz o campo será no sentido horário.

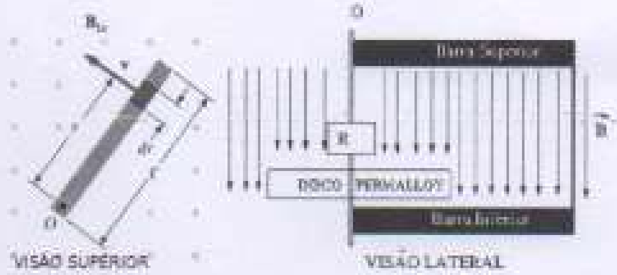
b) $|\vec{E}| = \frac{r\beta}{2}$

c) $\frac{mv^2}{r} = qvB \Rightarrow r = \frac{mv}{qB}$ ~~[illegible]~~

d) $W = \Delta K = \frac{1}{2}mv^2$

Question 8

Duas barras metálicas, com resistências desprezíveis, giram com velocidade angular constante, ω, em torno do ponto O. O campo magnético $\vec{B}$ é aproximadamente uniforme e tem direção e sentido indicados nas figuras. As barras estão conectadas por um fio metálico e o eixo de rotação. No eixo está um resistor com resistencia R. Um disco de permalloy desvia as linhas de campo magnético para longe de metade da barra inferior. Ou seja, apenas um comprimento $\ell/2$ dessa barra está imerso no campo $\vec{B}$.



a) (4 pontos) Encontre a força eletromotriz induzida entre as extremidades da barra superior. Faça o mesmo para a barra inferior. DICA: $v = \omega r$.

b) (2 pontos) Qual a força eletromotriz total no circuito? Qual a corrente no circuito?

c) (2 pontos) A corrente no resistor R flui no sentido do campo $\vec{B}$ ou no sentido oposto?

d) (2 pontos) Qual a potencia dissipada no resistor?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

a)

$$d\mathcal{E} = B v \, dr = B\omega r \, dr$$

$$\mathcal{E}_s = \int_0^{\ell} B\omega r \, dr = B\omega \frac{\ell^2}{2} \quad \text{(barra superior)}$$

$$\mathcal{E}_i = \int_{\ell/2}^{\ell} B\omega r \, dr = B\omega\left(\frac{\ell^2}{2} - \frac{\ell^2}{8}\right) = \frac{3B\omega\ell^2}{8} \quad \text{(barra inferior)}$$

b) $\mathcal{E} = \mathcal{E}_s - \mathcal{E}_i = \dfrac{B\omega\ell^2}{8}$

$I = \dfrac{\mathcal{E}}{R} = \dfrac{B\omega\ell^2}{8R}$

c) no sentido do campo.

d) $P = RI^2 = R\left(\dfrac{B\omega\ell^2}{8R}\right)^2 = \dfrac{1}{64R}\ell^4\omega^2B^2$

Continuação do espaço para a questão 6.

Observação:

→ se calculou r correto nos 4 casos (1 ponto)

→ se identificou que $|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = |\vec{B}_4| = \frac{\mu_0 I}{\pi a \sqrt{5}}$ (1 ponto)

se escreveu $\vec{B}_1 = \vec{B}_2 = \vec{B}_3 = \vec{B}_4$ (0 ponto)

→ se identificou que $\vec{B} = 4B\cos\alpha\,\hat{i}$

ou se fez o diagrama de campo correto (1 ponto)

→ se conceitualmente escreveu $\vec{B}_r = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4$ e

→ utilizou os $|\vec{B}_1| = \frac{\mu_0 I}{\pi a \sqrt{5}}$ para fazer a conta (0 ponto)

→ errou a relação trigonométrica (1 ponto)
(trocar seno por cosseno ou errar na conta)

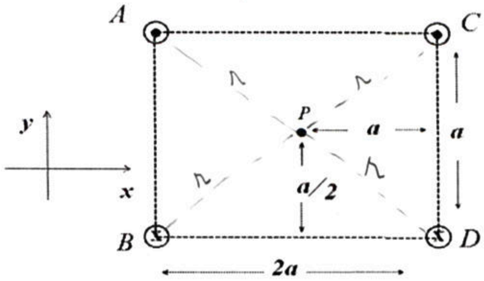
notação:

~~~ # → nota # dada no raciocínio ("conjunto da obra")

−#/ → pontos # descontados da resolução

#/ → pontos # atribuídos por parte correta
~~~

Question 6

a) (5 pontos) Derive o campo magnético devido a um fio infinito usando a lei de Àmpere.

b) (5 pontos) Quatro condutores longos e paralelos são percorridos por correntes iguais i nos sentidos indicados na figura ao lado. Calcule a magnitude, direção e sentido do campo magnético no ponto P da figura.



☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9 ☐10

(a) i

$$\oint \vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 I$$

$$\vec{B} \parallel \vec{dl} : \vec{B}\cdot\vec{dl} = B\,dl$$

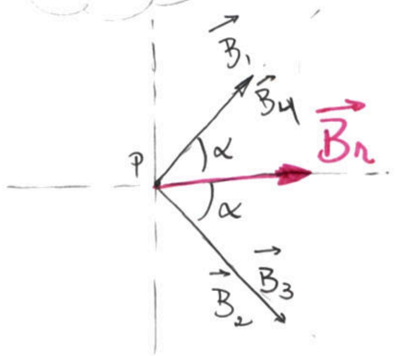
$$\int B\,dl = \mu_0 I$$

$$B\int dl = \mu_0 I$$

$$B(2\pi r) = \mu_0 I$$

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

5/



$$r = \sqrt{a^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{a\sqrt{5}}{2}$$

$$B = |\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = |\vec{B}_4|$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{\pi a\sqrt{5}}$$

$$\vec{B}_1 = B\cos\alpha\,\hat{i} + B\,\mathrm{sen}\,\alpha\,\hat{j}$$

$$\vec{B}_2 = B\cos\alpha\,\hat{i} + B\,\mathrm{sen}\,\alpha\,\hat{j}$$

$$\vec{B}_3 = B\cos\alpha\,\hat{i} - B\,\mathrm{sen}\,\alpha\,\hat{j}$$

$$\vec{B}_4 = B\cos\alpha\,\hat{i} - B\,\mathrm{sen}\,\alpha\,\hat{j}$$

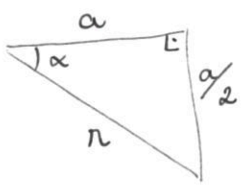
$$\vec{B}_r = 4B\cos\alpha\,\hat{i}$$

$$|\vec{B}_r| = 4\left[\frac{\mu_0 I}{\pi a\sqrt{5}}\right]\left[\frac{2}{\sqrt{5}}\right]$$

$$|\vec{B}_r| = \frac{8\mu_0 I}{5\pi a}$$

5/

$$\cos\alpha = \frac{a}{r} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$



Question 6

(10 pontos) Três fios paralelos conduzem correntes de módulo igual a I, como os sentidos indicados na figura. A distância entre os dois fios adjacentes é igual a d. Sabendo que a expressão para a força magnética sobre um fio reto é $\vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B}$, calcule o módulo, a direção e o sentido da força magnética resultante por unidade de comprimento ($\vec{F}/L$) sobre cada fio. Justifique suas respostas.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$$\oint \vec{B}\,d\vec{l} = \mu_0 I$$
$$\int B\,dl = \mu_0 I$$
$$B \int dl = \mu_0 I$$
$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

- No fio 1

$\vec{F}_{21}$ $\vec{F}_{31}$ $\rightarrow I$

$$F = F_{21} - F_{31}$$
$$F = ILB_2 - ILB_3$$
$$\frac{F}{L} = I\left[\frac{\mu_0 I}{2\pi(d)} - \frac{\mu_0 I}{2\pi(2d)}\right]$$
$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d}\left[1 - \frac{1}{2}\right]$$

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi d}$$

$\vec{F}_r$

- No fio 2

$\vec{F}_{32}$ $\vec{F}_{12}$ $\leftarrow I$

$$F = F_{32} - F_{12}$$
$$F = ILB_3 - ILB_1$$
$$F = IL\left[\frac{\mu_0 I}{2\pi d} - \frac{\mu_0 I}{2\pi d}\right]$$
$$\frac{F}{L} = 0$$

- No fio 3

$\vec{F}_{13}$ $\vec{F}_{23}$ $\rightarrow I$

$$F = F_{13} - F_{23}$$
$$F = ILB_1 - ILB_2$$
$$\frac{F}{L} = I\left[\frac{\mu_0 I}{2\pi(2d)} - \frac{\mu_0 I}{2\pi(d)}\right]$$
$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d}\left[\frac{1}{2} - 1\right]$$
$$\frac{F}{L} = \frac{-\mu_0 I^2}{4\pi d}$$

$\vec{F}_r$

Continuação do espaço para a questão 6.

Observações:

① caso fizer a conta correta e estiver conceitualmente correto, não precisa comprovar $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

② Caso contrário:
- demonstrar que $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ [4 pontos]

- cada força calculada corretamente e conceitualmente correta [2 pontos cada]

③ notações

~ # → nota # obtida pelo desenvolvimento do raciocinio correto ("conjunto da obra")

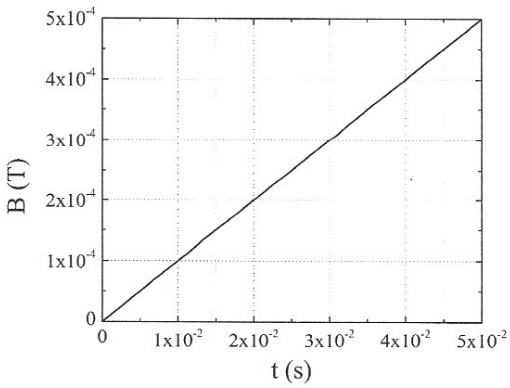
-# → nota # perdida por erro

④ se chegou que em $F_2 = 0$ conceitualmente errado não leva nenhum ponto

Question 7

GABARITO

O princípio de funcionamento dos detectores de metais utilizados em verificações de segurança é baseado na lei de indução de Faraday. A força eletromotriz induzida por um fluxo de campo magnético variável através de uma espira gera uma corrente. Se um pedaço de metal for colocado nas proximidades da espira, o valor do campo magnético será alterado, modificando a corrente na espira. Essa variação pode ser detectada e usada para reconhecer a presença de um corpo metálico nas suas vizinhanças.



a) (5 pontos) Considere que o campo magnético **B** atravessa perpendicularmente a espira e varia no tempo segundo a figura. Se a espira tem raio de 2 cm, qual é a força eletromotriz induzida?

b) (5 pontos) A espira é feita de um fio de cobre de 1 mm de raio e a resistividade do cobre é $\rho = 2 \times 10^{-8}$ Ω.m. Qual é a corrente na espira?

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9 ☐10

a) $|\mathcal{E}| = \frac{d}{dt}\Phi_B \qquad \Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$

$\Phi_B = B\int dA \longrightarrow \Phi_B = B\pi r^2$

$B = a + bt \longrightarrow |\mathcal{E}| = \frac{d}{dt}(a+bt)\pi r^2$

$|\mathcal{E}| = b\pi r^2$

$b = \frac{\Delta B}{\Delta t} \Longrightarrow b = \frac{5\times10^{-4}}{5\times10^{-2}} = 10^{-2}$

$|\mathcal{E}| = 10^{-2} \times \pi \times (2\times10^{-2})^2$

$\boxed{|\mathcal{E}| = 1{,}26\times10^{-5}\,V}$

....

Continuação do espaço para a questão 7.

b) $R = \frac{\rho \ell}{A^2}$ $\ell = 2\pi r$

$A = \pi d^2$

$R = \frac{\rho 2 \cancel{\pi} r}{\cancel{\pi} d^2} = \frac{2\rho r}{d^2}$

$R = \frac{2 \times 2 \times 10^{-8} \times 2 \times 10^{-2}}{(10^{-3})^2}$

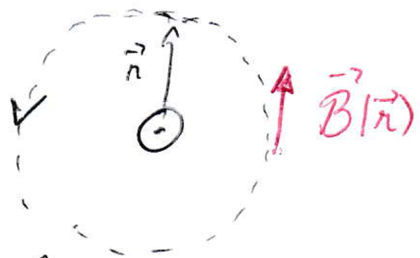
$R = 8 \times 10^{-4} \Omega$

$\mathcal{E} = RI \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{1{,}26 \times 10^{-5}}{8 \times 10^{-4}}$

$I = 0{,}016$ ou $\boxed{I = 16 mA}$

P2 - 19h - Q7 Gabarito

(a) Campo gerado por um fio reto longo



Amperiana

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \, i_{\text{Atravessa}}$$

$$B 2\pi r = \mu_0 i \Rightarrow \boxed{i = \frac{B 2\pi r}{\mu_0}}$$

Numericamente

$$i = \frac{10^{-5}\,T \; 2\cancel{\pi} \; 2{,}5\times10^{-2}\,m}{4\cancel{\pi}\cdot 10^{-7}\,Tm/A} = 1{,}25\,A$$

(b) fem induzida

em uma única espira de área $A = 0{,}6\,cm^2 = 6\times10^{-5}\,m^2$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi_B}{dt} = \frac{-d}{dt}(BA) = -A\,\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{-6\times10^{-5}\,m^2 \; 5\cdot10^{-6}\,T}{2\times10^{-3}\,s}$$

$$\mathcal{E} = -15\times10^{-8}\,V$$

$$\boxed{|\mathcal{E}| = 150\,nV}$$

P2 - 21h Q9 - Gabarito

(a) Na bobina primária $V(t) = \text{sen}(\omega t)$

$i(t) = \dfrac{V(t)}{R}$, onde R é a resistência da bobina

$$B(t) = \mu_0 n i(t) = \frac{\mu_0 n}{R} \,\text{sen}(\omega t)$$

→ Se A é a área da bobina (área interna)

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \frac{\mu_0 n A}{R} \,\text{sen}(\omega t)$$

→ Se a bobina secundária tiver N_2 espiras:

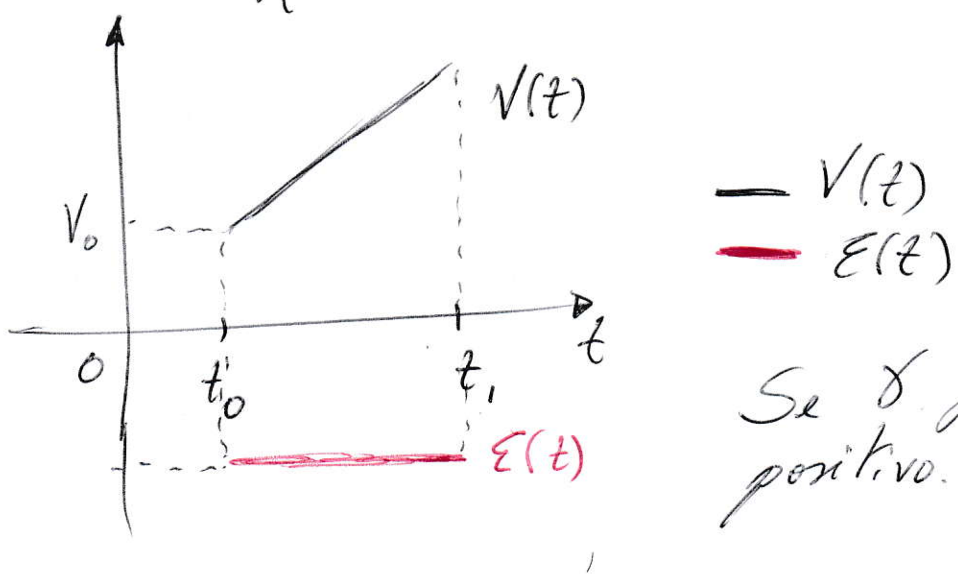
$$\mathcal{E} = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt} = -N_2 \frac{\mu_0 n A}{R} \,\omega \cos \omega t$$

como mostrado no gráfico - onda tipo cosseno.

(b) Se $V(t) = V_0 + \gamma t$: (entre $t_0 < t < t_1$)

$$\Phi_B = \frac{\mu_0 n A}{R} (V_0 + \gamma t) \Rightarrow \boxed{\mathcal{E} = -N_2 \frac{\mu_0 n A}{R} \gamma}$$

função constante.



Se γ for negativo $\mathcal{E}$ é positivo.

Question 9

No experimento 3 um bastão de latão de aproximadamente 1,2 m é nossa aproximação de fio reto infinito. O nosso "fio reto infinito" é primeiramente alinhado com o campo magnético local e uma bússola é colocada logo abaixo deste, a uma distância de $(5,0 \pm 0,4)$cm. Com a variação da corrente elétrica que passa pelo bastão, observamos os resultados de ângulo de deflexão da Bússola (a incerteza na medida de cada ângulo é a mesma, $\sigma_\theta = 1°$) apresentados na tabela da próxima página.

a) (5 pontos) Sabendo que o campo magnético local é de 25μT e usando o papel milimetrado da próxima página, faça um gráfico da magnitude do campo magnético produzido em função da corrente elétrica. Dica: para o cálculo da incerteza no campo magnético, a incerteza no ângulo deve ser expressa em radianos.

b) (5 pontos) Encontre a permeabilidade magnética do ar, bem como sua incerteza, utilizando uma das linhas de dados da tabela ou o gráfico que você construiu.

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

....

Continuação do espaço para a questão 9.

$I(\mathrm{A})$	$\sigma_I(\mathrm{A})$	$\theta(^\circ)$	$B\,(\mu\mathrm{T})$	$\sigma_B\,(\mu\mathrm{T})$
0,51	0,04	30		
1,00	0,09	50		
1,55	0,12	62		
2,02	0,14	68		