



+700/9/22+

### Question 9

No experimento de indução eletromagnética, um grupo de alunos montou um solenóide primário de  $17,8 \pm 0,2$  mm de diâmetro, com  $2,8 \pm 0,1$  espiras por cm, acoplado a um circuito de resistência  $50\Omega$ , por onde passava uma corrente variável possibilitando a movimentação de cargas em um solenóide secundário que envolvia o primeiro.

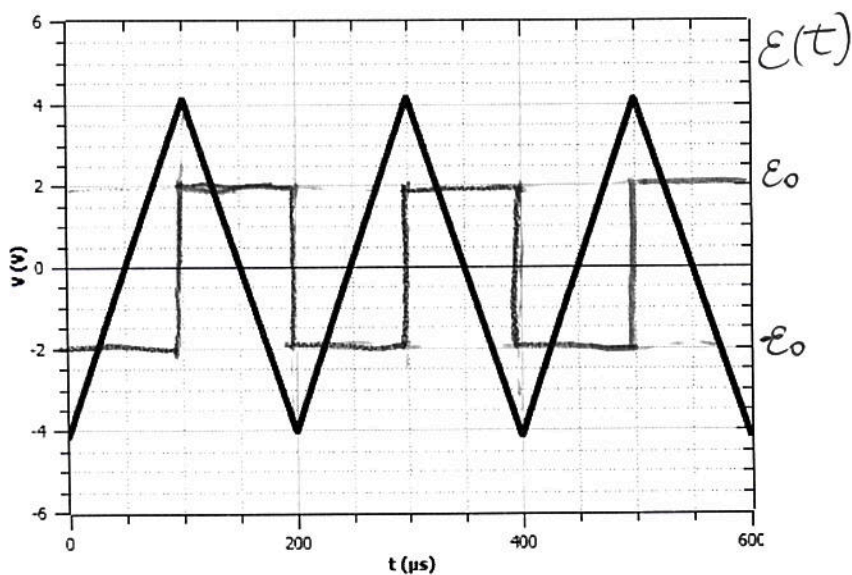
(a) (2 pontos) Se a figura abaixo indica a tensão a que está submetido o solenoide primário, desenhe como deve ser o sinal de tensão induzida visto no solenoide secundário.

(b) (2 pontos) Sabendo que no interior do solenoide  $B = \mu n i$ , qual é a expressão da fem induzida em função da voltagem.

(c) (2 pontos) Utilizando a imagem como vista no osciloscópio (figura) escreva qual é o valor da variação da voltagem,  $\Delta V$ , com sua incerteza no primeiro intervalo de  $\Delta t = 100\mu s$ .

(d) (2 pontos) Calcule para o solenóide secundário o valor da fem induzida e sua incerteza associada. Considere a incerteza no intervalo  $\Delta t$  desprezível.

(e) (2 pontos) Como mudaria a sua resposta do item (a) se a tensão a que fosse submetida o solenoide primário tivesse a mesma taxa de aumento e decréscimo mas entre essas variações apresentasse um platô de tensão constante durante  $100\mu s$ ?



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

$$B = \mu_0 n i$$

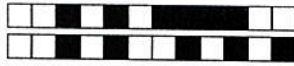
$$i = \frac{V}{R}$$

$$B = \frac{\mu_0 n V}{R}$$

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B dA = B \int dA = B A = \left( \frac{\mu_0 n V}{R} \right) \left( \frac{\pi D^2}{4} \right)$$

$$|\mathcal{E}| = \left| \frac{d\phi_B}{dt} \right| = \frac{\mu_0 n \pi D^2}{4 R} \frac{dV}{dt}$$

$$|\mathcal{E}| = \frac{\mu_0 n \pi D^2}{4 R} \frac{\Delta V}{\Delta t}$$



Continuação do espaço para a questão 9.

$$c) \Delta V = (8 \pm 0,2) V$$

$$d) \mathcal{E} = \frac{(4\pi \cdot 10^{-7})(2,8 \cdot 10^2)(17,8 \cdot 10^{-3})^2(8)}{4(50)(100 \cdot 10^{-6})} \approx 1,40 \times 10^{-4}$$

$$\sigma_{\mathcal{E}} = \sqrt{\left(\sum_i \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x_i} \sigma_{x_i}\right)^2}$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial n} = \frac{\mu \pi D^2 \Delta V}{4R \Delta t} = \frac{\mathcal{E}}{n}$$

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial \Delta V} = \frac{\mu \pi D^2}{4R \Delta t} = \frac{\mathcal{E}}{\Delta V}$$

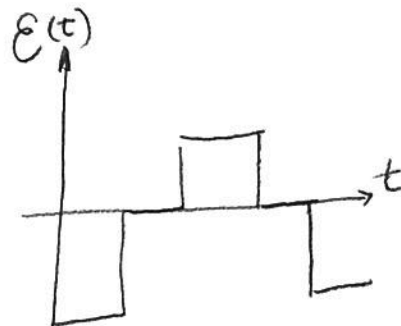
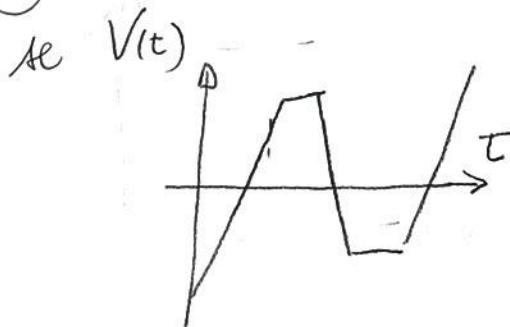
$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial D} = \frac{2\mu \pi D \Delta V}{4R \Delta t} = \frac{2\mathcal{E}}{D}$$

$$\sigma_{\mathcal{E}} = \mathcal{E} \sqrt{\left(\frac{\sigma_n}{n}\right)^2 + \left(\frac{2\sigma_D}{D}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta V}}{\Delta V}\right)^2}$$

$$\sigma_{\mathcal{E}} = (1,40 \cdot 10^{-4}) \sqrt{\left(\frac{0,2}{17,8}\right)^2 + \left(2 \cdot \frac{0,1}{2,8}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{8}\right)^2} = 0,107 \times 10^{-4}$$

$$\mathcal{E} = (1,4 \pm 0,1) 10^{-4} V$$

e)



onde  $V(t)$  é constante  $\Rightarrow \mathcal{E}(t) = 0$