

1	2	3	4	5	6	T

Cadeira: **ELECTROMAGNETISMO**

Época: **Normal**

Ano lectivo: 2015/2016 (1º Semestre)

TESTE 2 (2015/11/24)

Duração: 1,5 horas

Nome: _____ Número: _____ Curso: **LEET**

A(s) questão(ões) 1 a 4 deve(m) ser respondida(s) neste enunciado. Nestas questões não se deve apresentar (e não serão cotadas) deduções ou cálculos; não vale a pena apresentar várias variantes da resposta (se, porventura, forem contraditórias, a resposta será considerada incorrecta). A(s) restante(s) questão(ões) deve(m) ser respondida(s) nas folhas de prova com as deduções e os cálculos relevantes. Constantes universais que podem ser necessárias para avaliações numéricas: $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m A}^{-1}$, $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$, massa de um electrão $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$.

1. [3] Um fio horizontal de uma linha de transmissão transporta uma corrente I do sul para o norte. O campo magnético da Terra está direccionado para o norte e inclinado para baixo de um ângulo α com a linha horizontal, sendo o módulo do campo igual a B .

- (a) Escreva a fórmula para o módulo da força que actua sobre um segmento rectilíneo de comprimento l do fio.

Resposta _____

- (b) Calcule o módulo da força para os seguintes valores: $I = 5 \text{ kA}$, $B = 66 \mu\text{T}$, $\alpha = 70^\circ$, $l = 100 \text{ m}$.

Resposta _____

Avaliação: 1.5+1.5 Resp: a) $F = IBl \sin\alpha$

b) $F = 5 \text{ kA} \cdot 66 \mu\text{T} \cdot 100 \text{ m} \cdot \sin 70^\circ = 31,0 \text{ N}$

2. [2] Considere as seguintes grandezas físicas, em unidades do Sistema Internacional: a permissividade de vácuo ϵ_0 , a permeabilidade de vácuo μ_0 , permissividade relativa do ar $\epsilon_r^{(ar)}$, a susceptibilidade magnética do ferro $\chi_m^{(\text{Fe})}$, a velocidade de luz no vácuo c . Valores de quatro destas grandezas foram determinados com base em resultados de medição, a uma grandeza o valor foi atribuído por meio de uma convenção. Indique qual é esta grandeza.

Resposta _____

Resp: μ_0

3. [4] Um solenóide longo com 12 espiras por centímetro de comprimento tem um núcleo de ferro fundido. Quando a corrente é $0,50 \text{ A}$, o campo magnético no interior do núcleo é $1,36 \text{ T}$.

- (a) Qual é o campo magnético que seria produzido dentro do solenóide se não tivesse núcleo?

Resposta _____

- (b) Qual é a permeabilidade relativa do ferro fundido?

Resposta _____

- (c) Qual é a intensidade do campo magnético?

Resposta _____

- (d) Qual é a magnetização dentro do núcleo?

Resposta _____

Avali 1 valor por alínea.

Res: a) $B_0 = \mu_0 n I_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}} 12 \text{ cm}^{-1} 0.5 \text{ A} = 7.540 \times 10^{-4} \text{ T}$

b) $\mu_r = \frac{B}{B_0} = \frac{1.36 \text{ T}}{7.54 \times 10^{-4} \text{ T}} \approx 1804$. Se a resposta for errada mas consistente com o resultado da alínea (a), aceita-se como certa (desde que a dimensão seja correta (i.e., adimensional)).

c) $H = \frac{B_0}{\mu_0} = \frac{7.540 \times 10^{-4} \text{ T}}{4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}} = 600.0 \text{ A/m}$. Se a resposta for errada mas consistente com o resultado da alínea (a), aceita-se como certa (desde que a dimensão seja correta).

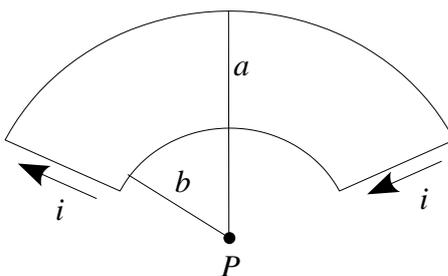
d) $M = (\mu_r - 1)H = 1804 \times 600.0 \text{ A/m} = 1.082 \times 10^6 \text{ A/m}$. Se a resposta for errada mas consistente com os resultados das alíneas (b) e (c), aceita-se como certa (desde que a dimensão seja correta).

4. [1] Durante o processo de carga de um condensador plano ideal, a corrente no circuito varia com o tempo de acordo com a fórmula $I = I_0 (1 - e^{-a\sqrt{t}})$, onde $I_0 = 200 \text{ mA}$ e $a = 3 \times 10^3 \text{ s}^{-1/2}$. A área das placas é 5 mm^2 . Qual é a densidade de corrente de deslocamento dentro do condensador no momento $t = 0.2 \mu\text{s}$?

Resposta _____

Res.: $j = \frac{200 \text{ mA}}{5 \text{ mm}^2} (1 - \exp(-3 \times 10^3 \text{ s}^{-1/2} \sqrt{0.2 \mu\text{s}})) = 2.95 \times 10^4 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$

5. [3] No circuito da figura, os segmentos curvados são arcos de círculo com raios a e b e com o centro P , os segmentos rectilíneos são dirigidos radialmente. O circuito é percorrido pela corrente i . Encontre o campo magnético no ponto P .



Solução:

A magnitude do campo magnético provocado por um arco de fio é dada por: $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \phi$.

Vamos confirmar:

$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3}$$

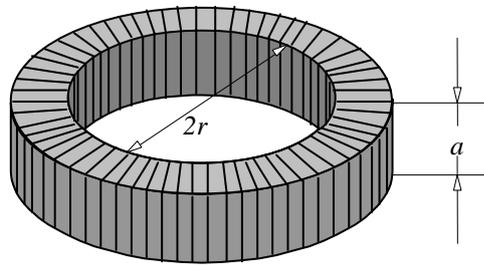
a magnitude do campo é dada por $dB = \frac{\mu_0 I dl r \sin(90^\circ)}{4\pi r^3} = \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2}$. Assim o campo total é

$$B = \int dB = \int \frac{\mu_0 I dl}{4\pi r^2} = \int \frac{\mu_0 I r d\phi}{4\pi r^2} = \int_0^\phi \frac{\mu_0 I d\phi}{4\pi r} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} \phi.$$

Assim, O segmento de raio a provoca um campo magnético dado por $B_a = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \phi$ (dirigido para dentro da página). O segmento de raio b provoca um campo magnético dado por $B_b = \frac{\mu_0 I}{4\pi b} \phi$ (dirigido para fora da página). O campo magnético total é dado por

$$B = B_b - B_a = \frac{\mu_0 I}{4\pi b} \phi - \frac{\mu_0 I}{4\pi a} \phi = \frac{\mu_0 I \phi}{4\pi} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)$$

6. [7] Considere um solenóide encurvado de forma às suas extremidades se unirem; ver figura. [Este tipo de solenóide chama-se toróide.] O raio interior do toróide é r , a secção recta é um quadrado de lado a . O toróide é constituído por N espiras e o seu volume interior é vazio. A corrente que percorre as espiras é i .



N espiras

- (a) Calcule o campo magnético dentro do volume interior do toróide.
 (b) Calcule a autoindução do toróide.

$$\text{a) } \oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 N i \Leftrightarrow B \underbrace{\oint_C dl}_{2\pi x} = \mu_0 N i \Leftrightarrow B = \frac{\mu_0 N i}{2\pi x}$$

$$\text{b) } \begin{cases} \varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \\ V = -L \frac{di}{dt} \end{cases} \quad \therefore L = N \frac{d\Phi_B}{di}, \text{ vamos então calcular } \Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = \int_S B ds =$$

$$\int_{x=r}^{r+a} \int_{y=0}^a \frac{\mu_0 N i}{2\pi x} dx dy = \frac{\mu_0 N i}{2\pi} \int_{x=r}^{r+a} \left[\int_{y=0}^a dy \right] \frac{1}{x} dx = \frac{\mu_0 N i a}{2\pi} \ln \frac{r+a}{r}.$$

$$\text{Logo } L = \frac{\mu_0 N^2 a}{2\pi} \ln \frac{r+a}{r}$$