

Eletrromagnetismo e Ótica (MEC/LEGM)

9ª Semana

Probl. 1) Uma correia de transporte muito longa e fina, de largura ℓ , desloca-se com velocidade $\vec{v} = v_x \vec{e}_x$ constante. Assumindo que existe carga estática com densidade superficial σ_c uniformemente distribuída sobre a correia, determine:

- A corrente I e a densidade de corrente superficial \vec{J}_s transportada na correia.
- o campo magnético \vec{B} a uma altura $h \ll \ell$ acima e ao longo da linha média da correia.
- o campo magnético \vec{B} num ponto P do plano da correia, mas fora desta e à distância b do seu bordo na direção \vec{e}_y .

Respostas:

R. 1-a) $I = \sigma_c \ell v_x$; $\vec{J}_s = \sigma_c \vec{v}$

R. 1-b) $\vec{B}(h \vec{e}_z) = -\frac{\mu_0 \sigma_c v_x}{2} \vec{e}_y$

R. 1-c) $\vec{B}(b \vec{e}_y) = \frac{\mu_0 I}{2\pi \ell} \log\left(\frac{b+\ell}{b}\right) \vec{e}_z$

Probl. 2) Num material ferromagnético os átomos possuem momentos magnéticos permanentes com magnitudes da ordem de $|\vec{m}| \approx 10^{-23} \text{ A m}^2$.

- Determine a magnetização \vec{M} máxima que seria possível de atingir se o material tiver $N = 10^{29}$ átomos/ m^3 .
- Determine o correspondente valor máximo de \vec{B} e compare com o valor do campo magnético médio da Terra.

Respostas:

R. 2-a) $M_{max} \approx 10^6 \frac{\text{A}}{\text{m}}$

R. 2-b) $B_{max} \approx \mu_0 10^6 = \frac{2\pi}{5} T \approx 10^4 \text{ Gauss} \gg 0.5 \text{ Gauss}$

Probl. 3) Determine as correntes de magnetização macroscópicas de um cilindro curto de material uniformemente magnetizado com magnetização \vec{M} se:

- \vec{M} é paralelo ao eixo do cilindro.
- \vec{M} é perpendicular ao eixo do cilindro.

Respostas:

R. 3-a) $\vec{J}_{m_s} = M \vec{e}_\theta(\theta)$

R. 3-b) $\vec{J}_{m_s}(\theta) = M \sin(\theta) \vec{e}_z$ na superfície lateral e $\vec{J}_{m_s} = \mp M \vec{e}_y$ nas bases superior e inferior se $\vec{M} = M \vec{e}_x$.

Probl. 4) Um fio de cobre, retilíneo e muito comprido, de raio a , está envolto numa camada de ferro de espessura b . O conjunto é usado para conduzir uma corrente I . Designado por μ a permeabilidade do ferro, determine \vec{H} , \vec{B} e \vec{M} nas partes de cobre e de ferro do fio. Note que as densidades de corrente no cobre e no ferro não são iguais.

Respostas:

R. 4- $\vec{H}_{Cu}(\vec{r}) = \frac{I r}{2\pi(a^2+b(2a+b)\xi)} \vec{e}_\theta$; $\vec{B}_{Cu}(\vec{r}) = \mu_0 \vec{H}_{Cu}(\vec{r})$; $\vec{M}_{Cu} = 0$

$\vec{H}_{Fe}(\vec{r}) = \frac{I}{2\pi(a^2+b(2a+b)\xi)} \left(\frac{a^2(1-\xi)}{r} + r\xi \right) \vec{e}_\theta$; $\vec{B}_{Fe}(\vec{r}) = \mu \vec{H}_{Fe}(\vec{r})$; $\vec{M}_{Fe}(\vec{r}) = \left(\frac{\mu-\mu_0}{\mu_0} \right) \vec{H}_{Fe}(\vec{r})$

onde $\xi = \rho_{Cu}/\rho_{Fe}$, a razão entre as resistividades do cobre e do ferro.

Probl. 5) Num ponto da superfície entre o ar e um material ferromagnético de permeabilidade $\mu \gg \mu_0$ as linhas de campo de \vec{B} não são perpendiculares à superfície. Mostre que a magnitude de \vec{B} no material ferromagnético é muito maior que no ar.

Probl. 6) Um condutor cilíndrico de raio a e permeabilidade μ é percorrido por uma corrente I . Um tubo condutor de raio interior $b > a$ e exterior $c > b$ e de igual permeabilidade μ envolve o primeiro de forma coaxial.

a) Determine \vec{H} , \vec{B} e \vec{M} em todos os pontos do espaço.

b) Determine as densidades de corrente de magnetização \vec{J}_m .

c) Considere agora que o tubo transporta uma corrente de retorno $-I$. Determine as respostas às alíneas anteriores neste caso.

Probl. 7) A curva de magnetização dum material ferromagnético pode ser aproximada por $B(H) = \frac{2H}{(400+H)}$. Um circuito magnético feito com este material tem secção $S = 2 \text{ cm}^2$, um comprimento médio $\ell = 0.5 \text{ m}$ e a envolvê-lo estão $N = 200$ espiras transportando uma corrente $I = 2 \text{ A}$ cada. Determine o campo magnético \vec{B} numa fenda de $\delta\ell = 1 \text{ mm}$ no circuito.