Prova Substitutiva - Física III para o Instituto de Química (4310245)

Prof. José Roberto B. Oliveira - IFUSP - 2014

OBS: Apresente as respostas dos itens em função dos parâmetros previamente mencionados no enunciado.

Fig. 1: Esfera da Questão 1.

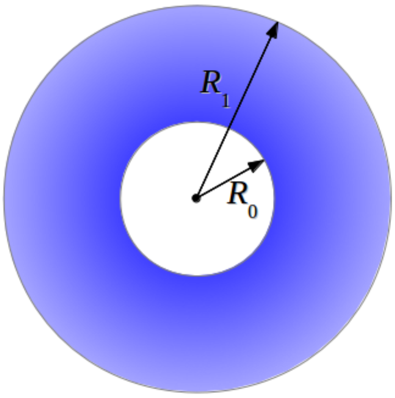
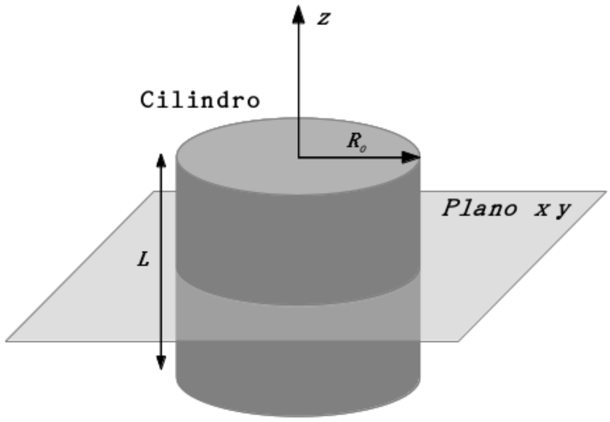


Fig. 2: Cilidro da Questão 2.



1) A figura 1 acima ilustra uma esfera isolante oca, de raio interno R_0 e raio externo R_1, cujo material foi ionizado por um procedimento especial, que resultou em uma distribuição de cargas elétricas esfericamente simétrica dada pela equação:$\rho(r) = \rho_0(\frac{R_0}{r})^2$, onde ρ_0 é constante e r é o módulo da coordenada radial com relação ao centro da esfera. As regiões interna ($R < R_0$) e externa ($R > R_1$) à esfera estão livres de cargas elétricas ($\rho = 0$).

(a) [1,5] Determine a expressão do campo elétrico $\vec{E}(\vec{r})$ deste sistema em cada uma das 3 regiões do espaço: I- $r < R_0$; II- $R_0 < r < R_1$; e III- $r > R_1$. Faça um esboço do gráfico de $E(r)$ indicando os valores dos pontos notáveis.

(b) [1,0] Determine a carga total Q da esfera.

(c) [1,0] Adotando como referência um ponto no infinito, determine o potencial elétrico da superfície externa da esfera $\varphi(R_1)$.

(d) [1,0] Determine a diferença de potencial entre as superfícies interna e externa da esfera $\Delta\varphi = \varphi(R_0) - \varphi(R_1)$.

---

2) Um tubo (cilindro oco) de raio externo R_0 e comprimento $L = 2R_0$ com parede de espessura δ muito fina ($\delta \ll R_0$) está tampado nas duas extremidades por placas planas circulares de raio R_0 também muito finas (Fig. 2). O sistema todo está em vácuo. Inicialmente ($t = 0$) as placas inferior e superior encontram-se uniformemente carregadas com carga total Q_0 e $-Q_0$, respectivamente, descarregando-se mutuamente, para $t > 0$, através da resistência elétrica longitudinal da parede do tubo, cujo material tem resistividade elétrica ρ_{res} muito inferior à resistividade das tampas circulares.

(a) [1,0] Determine a capacitância C_p entre as tampas planas, e a resistência longitudinal r_L do tubo cilíndrico.

(b) [0,5] Determine a equação da carga em função do tempo ($Q(t)$).

Supondo que $\frac{R_0}{c\tau} \ll 1$, onde c é a velocidade da luz e $\tau = C_p r_L$ (aproximação quase-estaconária):

(c) [0,5] Determine o campo elétrico em função do tempo $E(t)$ no interior do tubo (indique sua direção e sentido).

(d) [2,0] Determine a magnitude do campo magnético em função do tempo e da coordenada radial $B(R,t)$ no plano xy (perpendicular ao eixo e que passa pelo centro do cilindro), nas regiões $R < R_0 - \delta$ e $R > R_0$. Note que há duas fontes de campo magnético, a corrente real i pela parede do tubo e a corrente de deslocamento i_d no interior do tubo - considere cada contribuição separadamente, e obtenha o total.

(e) [0,5] Faça um esboço das linhas de campo elétrico e magnético nesse plano (podem ser apenas pontos se as linhas estiverem atravessando o plano - nesse caso indique o sentido: $\otimes$ ou $\odot$).

(f) [1,0] Estime o campo elétrico induzido pela variação do campo magnético no interior do capacitor e discuta a validade da condição $\frac{R_0}{c\tau} \ll 1$ para o item (c).

Formulário

Força de Lorentz: $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$

Força eletromotriz: $\varepsilon = \oint \frac{\vec{F}}{q}.d\vec{l}$

Leis de Maxwell:

$\vec{\nabla}.\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

$\vec{\nabla}.\vec{B} = 0$

$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0(\vec{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t})$

$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Densidade de energia do campo eletro-magnético: $u = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0} B^2$

Lei de Ohm microscópica: $\vec{J} = \frac{\vec{E}}{\rho_{res}}$

Teorema de Stokes: $\oint_c \vec{B}.d\vec{l} = \int_{S(c)} (\vec{\nabla} \times \vec{B}).\hat{n}da$

Teorema de Gauss: $\oint_s \vec{E}.\hat{n}da = \int_{V(s)} (\vec{\nabla}.\vec{E})dV$

Operador Nabla: $\vec{\nabla} = \hat{x}\frac{\partial}{\partial x} + \hat{y}\frac{\partial}{\partial y} + \hat{z}\frac{\partial}{\partial z}$

Relações trigonométricas: $\int_0^{2\pi} \sin^2\theta d\theta = \int_0^{2\pi} \cos^2\theta d\theta = \pi$;

Constantes fundamentais

$\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}\mathrm{F/m}$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\mathrm{H/m}$

$e = 1,602 \times 10^{-19}\mathrm{C}$

$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = 3,0 \times 10^8\mathrm{m/s}$