

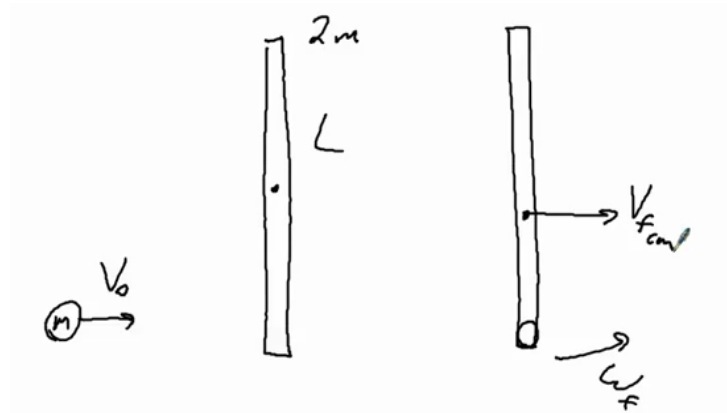
Caderno de Questões – Teoria

Instruções

- 1. Este caderno de questões contém QUATRO folhas, incluindo esta com as instruções. Confira antes de começar a resolver a prova.**
- 2. A prova é composta de QUATRO questões. Cada questão tem o valor indicado no seu início. A prova tem valor total de 100 pontos.**
- 3. Use as Folhas de Resposta fornecidas para as resoluções, e coloquem número das páginas com identificação da questão. Use somente a parte da frente das folhas de resposta na resolução, o verso poderá ser utilizado para rascunhos e não serão levadas em consideração.**
- 4. É permitido apenas o uso de calculadora não programável, Casio fx-82MS, ou similar.**
- 5. Este caderno deve ser devolvido ao final da prova juntamente com as folhas de respostas e de rascunhos dentro do envelope disponível sobre sua mesa.**

Questão 1 (25 pontos).

- a) Uma massa m com velocidade v_0 colide inelasticamente de maneira perpendicular com uma barra livre de fixação e de massa $2m$ e comprimento L de acordo com a figura abaixo. O conjunto está sobre uma mesa de ar horizontal, podendo deslocar-se sobre ela com atrito desprezível. Encontre a velocidade final do centro de massa do sistema e sua velocidade angular. (17 pontos)
- b) Como imagina o problema se a colisão não fosse em direção perpendicular à barra? (08 pontos).



Questão 2 (25 pontos).

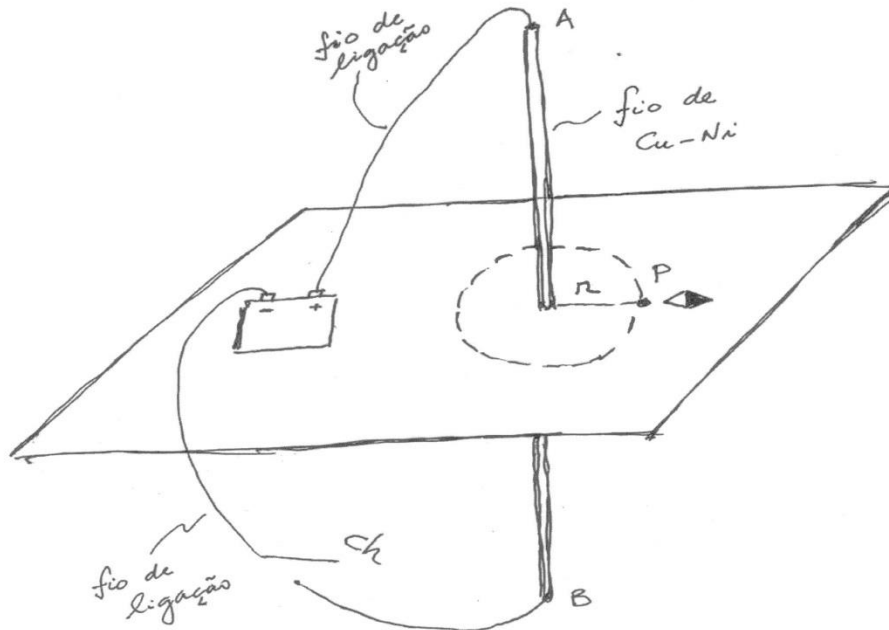
Obter a capacitância C de um capacitor esférico de raio interno R_1 e raio externo R_2 que está preenchido com um dielétrico do tipo variável: $\epsilon = \epsilon_0 + \epsilon_1 \cos^2 \phi$
Onde ϕ é o ângulo polar esférico.

Questão 3 (25 pontos).

Um experimentador, em um laboratório localizado na região equatorial, resolveu estimar a intensidade do campo magnético da Terra, usando a clássica experiência de Öersted. Para tanto, selecionou o seguinte material:

- 2 m de fio de uma liga de Cobre-Níquel de resistividade $0,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ e secção transversal de 2 mm^2 ;
- uma bateria de fem 12 V e resistência interna 1Ω ;
- fios de ligação de resistência elétrica total $0,5 \Omega$;
- uma pequena bússola;
- uma chave ch.

Com esse material, montou o sistema esquematizado na figura abaixo e, com a chave ch aberta a bússola fica na posição indicada (polo Norte hachurado).



Nessas condições, pergunta-se:

- Fechando-se ch, qual o sentido e a intensidade da corrente no fio de Cu-Ni? (5 pontos).
- Qual a intensidade do campo magnético criado pelo fio de Cu-Ni no ponto P ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}/\text{A}$ e $r=2,0\text{cm}$)? Qual a direção e sentido desse campo (esboço)? (10 pontos).
- Considerando-se que, ao ligar a chave ch, a nova posição da bússola forme 60° com sua posição anterior, qual a intensidade do campo magnético da Terra? (10 pontos).

Questão 4 (25 pontos).

Guias de onda e cavidades ressonantes eletromagnéticas são muito usadas nos grandes aceleradores de Física Nuclear para se acelerar partículas carregadas ou em experimentos de aspectos fundamentais da Física Quântica. Também são usados em utensílios domésticos modernos, como o forno de microondas.

Neste problema, vamos estudar parte do funcionamento desses guias e cavidades.

Ondas eletromagnéticas são descritas, na ausência de cargas e correntes elétricas, pelas equações:

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

$$\nabla^2 \vec{B} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0$$

onde \vec{E} e \vec{B} representam os campos vetoriais elétrico e magnético, respectivamente.

Vamos considerar um guia de onda linear na direção \hat{z} com seção transversal retangular de dimensões L_x e L_y .

a) Mostre que as funções: (10 pontos)

$$E_x = E_{ox} \cos(k_x x) \sin(k_y y) \exp [i(\omega t - k_z z + \phi_E)]$$

$$E_y = E_{oy} \cos(k_y y) \sin(k_x x) \exp [i(\omega t - k_z z + \phi_E)]$$

$$B_x = B_{ox} \cos(k_x x) \sin(k_y y) \exp [i(\omega t - k_z z + \phi_B)] \quad (2)$$

$$B_y = B_{oy} \cos(k_y y) \sin(k_x x) \exp [i(\omega t - k_z z + \phi_B)]$$

e

$$E_z = i E_{oz} \sin(k_x x) \sin(k_y y) \exp [i(\omega t - k_z z + \phi_E)]$$

$$B_z = i B_{oz} \sin(k_x x) \sin(k_y y) \exp [i(\omega t - k_z z + \phi_B)] \quad (3)$$

são soluções da equação de onda.

b) Determine as condições de contorno supondo que o guia de onda é ideal, isto é, feito de material supercondutor. (5 pontos)

c) Determine k_x e k_y a fim de que as condições de contorno sejam satisfeitas pelas soluções indicadas em (a). (5 pontos)

d) Determine a frequência angular ω dada por $\omega = kc$ onde c é a velocidade da luz e

$$k^2 = k_x^2 + k_y^2 \quad (4)$$

(5 pontos).