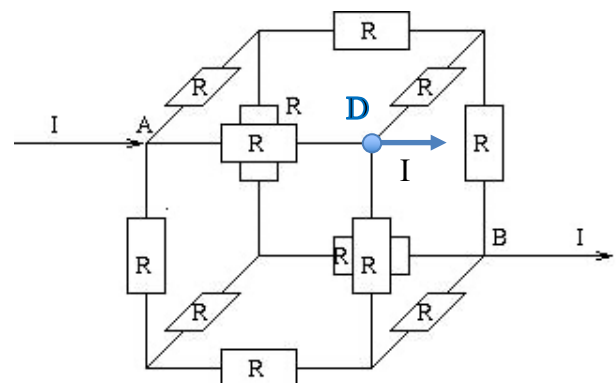


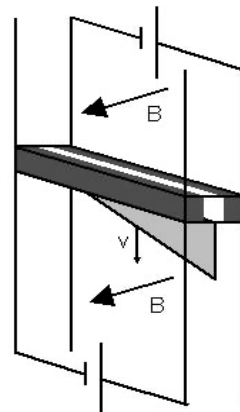
Versão: 1
Duração: Exame: 3h00
 $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$

Por determinação do Conselho Pedagógico, informamos que só serão cotadas as respostas que contribuam de forma significativa para os resultados ou demonstrações pedidos. As cotações parcelares são indicativas.

- (3,0) **1)** Considere um cabo coaxial muito comprido constituído por um cabo condutor cilíndrico maciço, de raio $R = 0,001 \text{ m}$, eletricamente carregado com densidade **superficial** de carga $\sigma_1 = 0,8 \mu\text{C/m}^2$, rodeado por um meio dielétrico de constante dielétrica relativa $\epsilon_r = 8$, e por uma coroa cilíndrica condutora **ligada à terra** de raio interior $R_i = 0,004 \text{ m}$ e espessura desconhecida.
- [1,0] **a)** Calcule o campo elétrico \mathbf{E} em todos os pontos do espaço;
- [0,5] **b)** Calcule a diferença de potencial elétrico entre os dois condutores;
- [0,5] **c)** Calcule a capacidade por unidade de comprimento;
- [1,0] **d)** Calcule as densidades de cargas de polarização nas superfícies de separação entre os meios.
- (4,0) **2)** Considere o cabo coaxial do problema 1, transportando uma corrente contínua $I = 5 \text{ A}$.
- [0,5] **a)** Calcule a espessura da coroa cilíndrica exterior, para ter a mesma **densidade de corrente** existente no condutor interior;
- [1,0] **b)** Calcule o campo magnético em todo o espaço provocado por este sistema;
- [1,0] **c)** Suponha que se faz passar este cabo pelo centro de uma espira circular, de raio $R_E = 0,1 \text{ m}$, fazendo coincidir o eixo do cabo com o eixo perpendicular ao plano da espira. Calcule o coeficiente de indução mútua entre o cabo e a espira.
- (1,5) **d)** Suponha que se faz passar este cabo pelo centro de um solenoide toroidal (toroide) circular de secção quadrada de lado $a = 0,001 \text{ m}$, de raio médio $R_T = 0,1 \text{ m}$, fazendo coincidir o eixo do cabo com o eixo perpendicular ao plano do toro. Considere o solenoide toroidal como tendo 100 espiras distribuídas uniformemente ao longo do toro (e que $a \ll R_T$).
- [0,5] **i)** Calcule o coeficiente de indução mútua entre o cabo e o toroide.
- [1,0] **ii)** Refaça a alínea anterior se em vez do cabo fizesse passar apenas o fio condutor interior do cabo.
- (3,0) **3)** Na figura ao lado as resistências são todas iguais. As resistências são cilindros de comprimento $l = 0,5 \text{ m}$ e raio $R = 0,0001 \text{ m}$, numa liga com condutividade elétrica dependente da distância r ao eixo do cilindro dada por $\sigma(r) = 2,38 \times 10^6 \cdot r \text{ } (\Omega\text{m})^{-1}$. Pode assumir que o campo elétrico dentro dos blocos é uniforme e paralelo ao eixo do cilindro.
- [1,0] **a)** Calcule o valor de cada resistência (em Ω);
(sugestão: comece por calcular a corrente I que atravessa a secção do condutor, em função da tensão V aplicada nos extremos)
- [1,0] **b)** Calcule o valor da resistência equivalente entre A e B (quaisquer 2 vértices opostos);
(sugestão: comece por especificar as correntes em todos os ramos do circuito, tirando proveito da simetria do sistema)
- [1,0] **c)** Calcule o valor da resistência equivalente entre A e D (quaisquer 2 vértices vizinhos);
(sugestão: basta definir mais 2 correntes I' e I'' para resolver o circuito, respeitando a simetria)

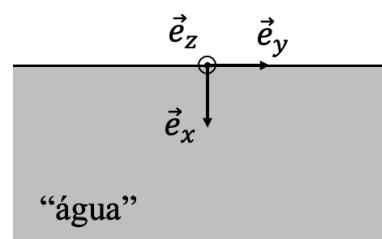


- (3,0) 4) No sistema penal representado na figura (sem as baterias ligadas), uma barra de 1,2 m de comprimento e massa $m=5$ Kg, constituída por uma camada isolante coberta por duas camadas condutoras, ambas com resistência elétrica $R=2m\Omega$, cai sem atrito na vertical entre duas espiras retangulares (abertas), de resistência desprezável. Para controlar a queda, aplica-se um campo magnético constante, $B = 0,1$ T, perpendicular às espiras.



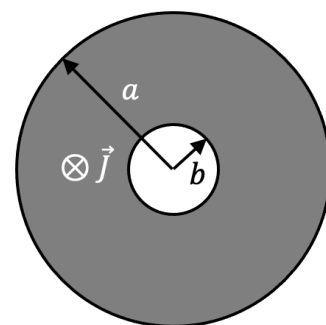
- [1,0] a) Calcule a força a atuar a barra, em função da velocidade v (incluindo a gravidade);
- [1,0] b) Calcule a velocidade máxima atingida pela barra;
- [1,0] c) Para manter a barra travada a $1/3$ do topo, colocam-se duas baterias iguais nas espiras (ver figura), de modo a obrigar a passar corrente por ambos os lados da barra. Calcule a força eletromotriz de cada bateria para que a barra permaneça sempre em repouso.

- (4,0) 5) Uma onda eletromagnética com frequência angular $\omega = 4,7 \times 10^{15}$ propaga-se **no ar** quando incide na água duma piscina, com índice de refração $n_2 = 4/3$. Nota-se que **não há onda refletida** e que a intensidade da onda incidente é $I_i = 53,124$ W/m². Escolhendo um referencial apropriado,



- [1,0] a) Calcule o ângulo de incidência e o ângulo de refração;
- [1,0] b) Calcule a intensidade da onda transmitida;
- [1,0] c) Calcule o módulo da amplitude máxima da onda transmitida, E_{0t} , e o vetor de onda \vec{k}_t ;
- [1,0] d) Escreva as expressões para as componentes do campo elétrico da onda transmitida;

- (3,0) 6) Na figura mostra-se a secção transversal de um condutor cilíndrico infinito e uniforme, de raio $a = 0,5$ m, no qual foi retirada uma cavidade cilíndrica (paralela ao eixo) de raio $b = 0,1$ m. A corrente $I = 5$ A está uniformemente distribuída no condutor (excluindo a cavidade). O material condutor é ferromagnético com permeabilidade magnética relativa $\mu_r = 5000$.



- [1,0] a) Calcule o campo \vec{H} , o campo magnético \vec{B} e a Magnetização \vec{M} em todo o espaço, se os eixos forem coincidentes, isto é, se a distância entre os eixos for $d = 0$.
- [1,0] b) Calcule as **densidades de corrente** de magnetização no interior (em volume) e nas superfícies interior e exterior do cilindro condutor (note que é “infinito”), na situação da alínea anterior.
- [1,0] c) Calcule o campo \vec{H} , o campo magnético (\vec{B}) e a Magnetização \vec{M} **dentro da cavidade**, se os eixos estiverem distanciados pela distância $d = 0,3$ m (figura de baixo).

