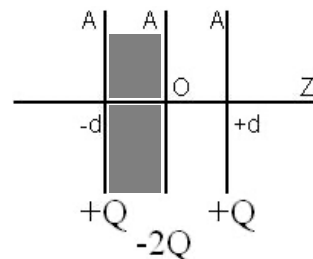


Versão: 1
Duração do Teste: 1h 30m
 $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$

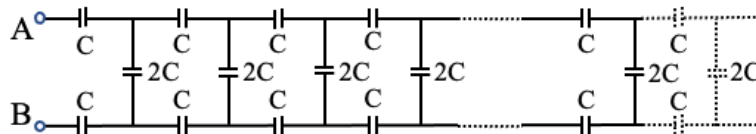
Por determinação do Conselho Pedagógico, informamos que só serão cotadas as respostas que contribuam de forma significativa para os resultados ou demonstrações pedidas.

- (4,0) **1)** Considere 3 planos de área $A = 2 \text{ m}^2$, carregados uniformemente e perpendiculares ao eixo dos ZZ, conforme indicado na figura para $d = 1 \text{ cm}$ [plano 1 em $z = -0,01 \text{ m}$ com carga $Q = +2 \text{ nC}$; plano 2 em $z = 0$ com carga $Q' = -2Q = -4 \text{ nC}$; plano 3 em $z = +0,01 \text{ m}$ com carga $Q = +2 \text{ nC}$]. O espaço entre os planos tem constante dielétrica $\epsilon = 10\epsilon_0$ entre $-d$ e 0 , e constante dielétrica ϵ_0 entre 0 e $+d$.



- [1,0] **a)** Calcule o campo elétrico \mathbf{E} em todos os pontos do eixo dos ZZ, indicando as aproximações aplicadas (*sug.: use o Teorema de Gauss*).
- [1,0] **b)** Calcule as diferenças de potencial $V_{12} = \phi_1 - \phi_2$, $V_{23} = \phi_2 - \phi_3$, e $V_{13} = \phi_1 - \phi_3$.
- [1,0] **c)** Calcule a energia electrostática do sistema.
- [1,0] **d)** Calcule a capacidade do sistema (*sug.: lembre-se que não deve depender das cargas, podendo colocar uma distribuição de cargas mais conveniente*).

- [2,0] **2)** Considere o conjunto “infinito” de condensadores ligados em “escada” como na figura. Calcule a capacidade equivalente entre os pontos A e B, para o valor $C = 10 \text{ nF}$. (*Sug.: note a invariância do sistema se retirar o bloco de 3 condensadores da esquerda – ou adicionar outro*)

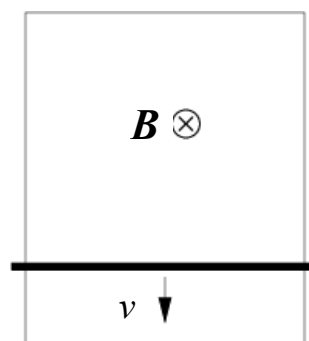


- (4,0) **3)** Um solenoide tem raio $R = 0,1 \text{ m}$, comprimento $l = 2 \text{ m}$ e 500 espiras, e está preenchido por ar. Supondo que transporta uma corrente $I = 5 \text{ A}$,
- [1,0] **a)** calcule o campo magnético no centro do solenoide, usando a aproximação que julgar conveniente;
- [1,0] **b)** calcule o coeficiente de auto-indução deste solenoide;
- [1,0] **c)** calcule o campo magnético no centro do solenoide se retirar a espira central;
- [1,0] **d)** Estime a intensidade do campo magnético (com a espiral central) num ponto do eixo junto a um extremo do solenoide, usando as aproximações que achar convenientes.

Versão: 1
Duração do Teste: 1h 30m
 $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}, \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$

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

- (4,0) **4)** Um barra de massa $m=2 \text{ kg}$ está ligada num circuito em U (fechando o mesmo), na vertical, estando todo o circuito imerso num campo magnético de intensidade $B=2 \text{ T}$ com a orientação para lá do papel. A barra tem resistência elétrica $R=2\text{k}\Omega$ e comprimento $l=0,5 \text{ m}$ (despreze a resistência elétrica do ramo em U).



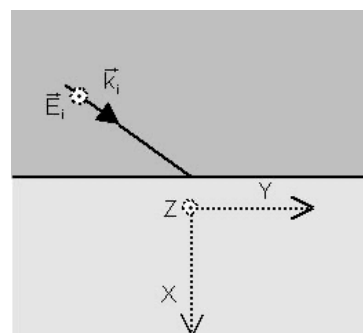
- [1,0] **a)** Calcule a corrente que deve ser colocada no circuito e respetivo sentido na barra para manter a barra suspensa na vertical;
- [1,0] **b)** Desliga-se a corrente (forçada) no circuito; calcule a corrente elétrica induzida na barra, em função da sua velocidade, e a força magnética a atuar a barra também em função da sua velocidade;
- [1,0] **c)** Calcule a velocidade limite e a potência elétrica dissipada depois de atingir a velocidade limite;
- [1,0] **d)** Se o circuito em U fosse afinal um circuito em O (circular e fechado também em baixo, de diâmetro igual ao comprimento da barra e começando a barra quase no topo do círculo), qual o movimento da barra depois de desligar a corrente inicial? Justifique sumariamente as suas respostas.

- (2,5) **5)** Um condutor cilíndrico “infinito” de raio $R = 0,2 \text{ m}$ é percorrido por uma corrente elétrica uniforme $= 5 \text{ A}$ paralela ao eixo do cilindro. Supondo o condutor homogêneo com permeabilidade magnética relativa $\mu_r = 8000$,

- [1,0] **a)** calcule o campo magnético e o campo H em todo o espaço;
- [1,0] **b)** calcule as densidades de corrente de magnetização em volume e em superfície;
- [0,5] **c)** calcule a corrente total de magnetização que atravessa a secção (transversal) do condutor;

- (3,5) **6)** Uma onda eletromagnética propaga-se com velocidade $v = \frac{2}{3}c$ num meio com permeabilidade magnética $\mu=\mu_0$ e constante dielétrica ϵ , sendo o campo elétrico (unidades em V/m) em função do tempo e do espaço dado pelas expressões (no sistema de eixos da figura)

$$\begin{cases} E_x = 0 \\ E_y = 0 \\ E_z = 50 \cos \left(2,9224 \times 10^{15} t - \frac{K}{2} (x + y\sqrt{3}) \right) \text{ (V/m)} \end{cases}$$



- [1,0] **a)** Calcule o vetor de onda $(K_x, K_y, K_z)_i$ e o índice de refração n_1 do meio onde a onda se propaga (sugestão: comece por calcular o módulo do vetor de onda, K)
- b)** Suponha que esta onda atinge a superfície de separação (plano ZY) para um meio gasoso com índice de refração $n_2=1,2$ no ponto $X=Y=Z=0$ (origem dos eixos).
- [0,5] **i)** Calcule o ângulo de incidência da onda nessa superfície;
- [1,0] **ii)** Calcule o ângulo de reflexão total e o ângulo de Brewster (ou de polarização);
- [1,0] **iii)** Existe onda transmitida e/ou refletida? Para o(s) caso(s) em que exista, determine o(s) respetivo ângulo(s) de propagação (ângulo de refração ou ângulo de reflexão), o(s) vetor(es) de onda (k_x, k_y, k_z) , e o valor(es) máximo(s) do(s) vetor(es) de Poynting para essa(s) onda(s).