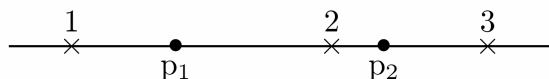


Parte I (6 valores)

Cada uma das questões de escolha múltipla que se seguem pode ter mais do que uma resposta correcta. As respostas têm que ser sucintamente justificadas.

1. [1,5 val.] Dois protões (p_1 e p_2) situam-se no eixo dos xx , como se mostra na figura abaixo.



Os sentidos do campo eléctrico nos pontos 1, 2 e 3 são, respectivamente:

- A. $\rightarrow, \leftarrow, \rightarrow$
- B. $\leftarrow, \rightarrow, \leftarrow$
- C. $\leftarrow, \rightarrow, \rightarrow$
- D. $\leftarrow, \leftarrow, \leftarrow$
- E. $\leftarrow, \leftarrow, \rightarrow$

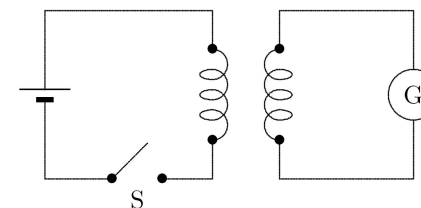
2. [1,5 val.] Uma carga positiva Q encontra-se distribuída numa camada esférica de um material condutor, com raio interior R_1 e raio exterior R_2 . Uma carga q é colocada no centro da cavidade esférica. A intensidade do campo eléctrico num ponto da cavidade, a uma distância r do centro, vale:

- A. zero
- B. $Q/4\pi\epsilon_0 R_1^2$
- C. $q/4\pi\epsilon_0 r^2$
- D. $(q+Q)/4\pi\epsilon_0 r^2$
- E. $(q+Q)/4\pi\epsilon_0 (R_1^2 - r^2)$

3. [1,5 val.] A equação de Maxwell $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$, onde \vec{B} é o campo de indução magnética, traduz que:

- A. a força magnética é sempre perpendicular ao campo magnético
- B. não existem monopólos magnéticos
- C. o campo magnético num material diamagnético tem sentido contrário ao campo aplicado
- D. o campo magnético é nulo no interior dos condutores
- E. \vec{B} pode ser expresso como o rotacional do potencial vector \vec{A}

4. [1,5 val.] Considere a situação ilustrada na figura abaixo.



O galvanómetro G detecta a passagem de corrente eléctrica:

- A. apenas depois do interruptor S ser fechado
- B. apenas depois do interruptor S ser aberto
- C. apenas quando o interruptor S permanece fechado
- D. nunca
- E. apenas quando o interruptor S é aberto ou fechado

Parte II (14 valores)

Identifique todos os símbolos que utilizar e justifique cuidadosamente as suas respostas.

5. [3 val.]

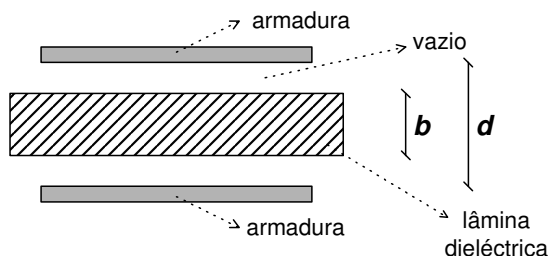
a) Considere o campo eléctrico produzido por um arranjo superficial de carga eléctrica, distribuída sobre uma superfície S . Analise a continuidade do campo ao atravessar-se S num ponto onde a densidade de carga é σ . Exprima as suas conclusões em termos das componentes normal e tangencial do campo.

b) Justifique a aplicação da análise precedente ao campo produzido por um condutor electrizado em equilíbrio electrostático. Utilize essa análise para estabelecer as características do campo num ponto exterior infinitamente próximo do condutor.

6. [4 val.] Considere um condensador de placas paralelas de área $A = 0.12 \text{ m}^2$ e separadas por uma distância de 1.2 cm, no vazio. Utilizando uma bateria aplica-se uma diferença de potencial $V = 120 \text{ V}$ entre as armaduras. A bateria é depois desligada.

a) Qual é o trabalho realizado por uma força externa quando lentamente se aumenta a separação entre as placas até $d = 2.4 \text{ cm}$?

b) Suponha agora que se introduz no interior do condensador uma lâmina dieléctrica de espessura $b = 1.0 \text{ cm}$, com faces principais com área maior do que A e constante dieléctrica relativa 5.0. O dieléctrico é colocado simetricamente em relação às armaduras, como se mostra na figura, preenchendo parcialmente o espaço entre as placas. Determine a intensidade do campo eléctrico: i) na região entre as armaduras e a lâmina dieléctrica; ii) no interior da lâmina dieléctrica.



7. [3,5 val.]

a) Utilize a Lei de Biot-Savart para mostrar que o campo de indução magnética produzido por uma espira circular, de raio R , percorrida por uma corrente estacionária i , num ponto genérico do eixo da espira (eixo normal ao plano da espira passando pelo seu centro) é dado por

$$B = \frac{\mu_0}{2} i \frac{R^2}{(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

onde x é a distância do ponto ao centro da espira. Especifique qual é a direcção e sentido desse campo.

b) Considere agora que se coloca ao longo do eixo da espira um fio rectilíneo e muito comprido percorrido por uma corrente estacionária i' . Qual é a força magnética exercida pela espira sobre o fio? Justifique.

8. [3,5 val.] Uma corrente alternada $i = i_0 \cos(\omega t)$ percorre um fio rectilíneo muito fino e muito longo. Uma corrente igual (em fase com a primeira) percorre um tubo coaxial de raio a , no sentido contrário à primeira corrente. Ambos os fios (fio interior e tubo exterior) estão imersos no vazio.

a) Considerando válida a aproximação de regime quase estacionário, explique como se pode concluir que são induzidos campos magnéticos e eléctricos em torno dos fios. Diga, justificando, quais são as características da resultante de cada um desses campos (magnético e eléctrico), no que diz respeito à direcção e variação temporal, na região interior (entre o fio e o tubo) e exteriormente ao sistema.

b) Mostre que na região interior (entre o fio e o tubo) o módulo do campo eléctrico induzido é dado por

$$E(s, t) = \frac{\mu_0 i_0 \omega}{2\pi} \sin(\omega t) \ln\left(\frac{a}{s}\right)$$

onde s é a distância ao eixo. Determine a densidade de corrente de deslocamento na mesma região.