

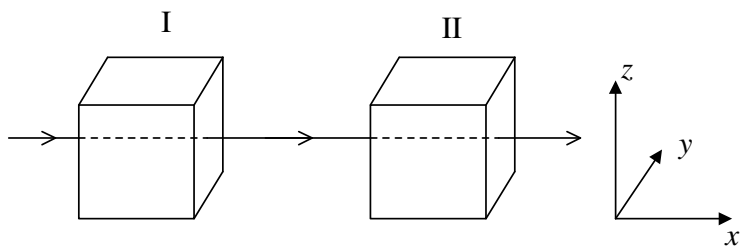
Parte I (6 valores)

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.] Um condutor com cavidade tem uma carga de 1 C na superfície exterior e 2 C na superfície interior. Pode-se concluir que uma partícula colocada na cavidade tem carga:

- A. Nula.
- B. 2 C
- C. -2 C
- D. 3 C
- E. -3C

2. [1,5 val.] Um feixe de prótons desloca-se com uma velocidade constante, v , segundo o eixo dos xx . As partículas atravessam, sucessivamente, duas regiões, I e II, caracterizadas do seguinte modo: em I existe um campo de indução magnética \vec{B}_1 , uniforme, e em II coexistem um campo de indução magnética \vec{B}_2 e um campo eléctrico $\vec{E} = E\vec{e}_y$, também uniformes. A interacção gravítica é desprezável.

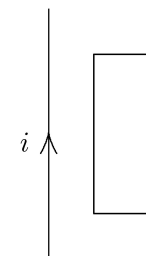


As condições a que devem obedecer os campos \vec{B}_1 e \vec{B}_2 para que o feixe não sofra qualquer desvio no seu movimento enquanto atravessa as regiões I e II são:

- A. $\vec{B}_1 = B_1\vec{e}_x$; $\vec{B}_2 = -E/v\vec{e}_y$
- B. $\vec{B}_1 = B_1\vec{e}_x$; $\vec{B}_2 = B_{2x}\vec{e}_x + E/v\vec{e}_z$
- C. $\vec{B}_1 = B_1\vec{e}_z$; $\vec{B}_2 = B_{2x}\vec{e}_x + E/v\vec{e}_y$
- D. $\vec{B}_1 = B_1\vec{e}_x$; $\vec{B}_2 = B_2\vec{e}_x$
- E. Nenhuma das respostas anteriores está correcta.

3. [1,5 val.] Um fio direito muito comprido, percorrido por uma corrente contínua i com o sentido indicado na figura, é colocado no plano que contém uma espira rectangular. Quando se aproxima o fio da espira a corrente induzida na espira:

- A. É nula.
- B. Tem o sentido dos ponteiros do relógio.
- C. Tem o sentido contrário aos ponteiros do relógio.
- D. Tem o sentido contrário aos ponteiros do relógio no lado esquerdo e tem o sentido dos ponteiros do relógio no lado direito da espira
- E. Tem o sentido dos ponteiros do relógio no lado esquerdo e tem o sentido contrário aos ponteiros do relógio no lado direito da espira



4. [1,5 val.] A equação de Maxwell $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$, onde \vec{B} é o campo de indução magnética, traduz que:

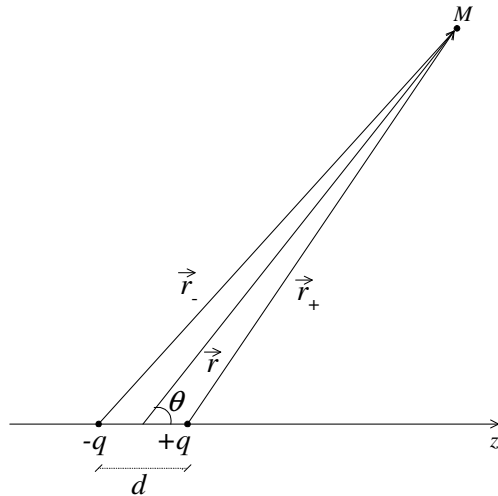
- A. a força magnética é sempre perpendicular ao campo magnético
- B. não existem monopólos magnéticos
- C. o campo magnético num material diamagnético tem sentido contrário ao campo aplicado
- D. o campo magnético é nulo no interior dos condutores
- E. \vec{B} pode ser expresso como o rotacional do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

Parte II (14 valores)

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

5. [3,5 val.]

a) Considere um ponto M situado à distância r de um dipolo electrostático, como se ilustra na figura abaixo.



Utilizando o princípio de sobreposição, mostre que o potencial no ponto M , no limite das grandes distâncias ($r \gg d$), é dado por

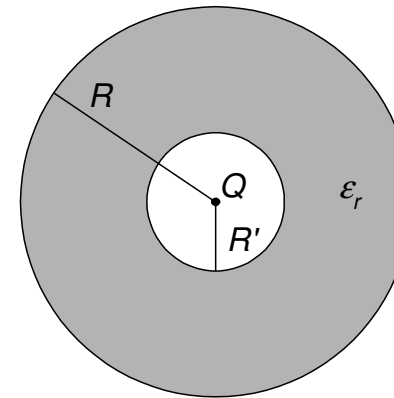
$$V(r, \theta) = \frac{p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2},$$

onde p é o momento dipolar.

b) Calcule, a partir do resultado da alínea anterior, o vector campo eléctrico criado pelo dipolo no ponto M .

c) Considere que o dipolo é colocado sob acção de um campo eléctrico uniforme, fazendo um ângulo não nulo com o campo. Mostre que o momento resultante das forças que actuam sobre o dipolo tende a fazer rodar o dipolo de modo a alinhá-lo com o campo eléctrico.

6. [4 val.] Coloca-se uma carga pontual (Q) no centro de uma pequena cavidade esférica, de raio R' , existente no centro de uma esfera dieléctrica de raio R e com constante dieléctrica relativa ϵ_r (ver figura abaixo).



a) Determine os vectores deslocamento eléctrico (\vec{D}), campo eléctrico (\vec{E}) e polarização (\vec{P}) para todos os pontos do espaço.

b) Mostre que não existem cargas de polarização distribuídas em volume no dieléctrico.

c) Calcule a densidade superficial de carga de polarização nas superfícies interna e externa do dieléctrico. Explícite se cada uma dessas cargas tem o mesmo sinal ou sinal oposto à carga Q .

d) Calcule a carga total contida numa esfera de raio r centrada em Q e tal que $R' < r < R$.

7. [3 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.] Um condensador de placas circulares de raio 7 cm, paralelas, separadas de $d = 2$ mm, encontra-se à distância de $l = 205$ cm de um fio infinito colocado paralelamente às placas, como se ilustra no esquema (a) da figura abaixo. O fio tem carga total nula e é percorrido por uma corrente contínua de intensidade $I = 2$ A.

a) Considere a situação em que o condensador está carregado, sendo a diferença de potencial entre as placas de 100 V. Determine o campo eléctrico e o campo de indução magnética (\vec{B}) no ponto P , situado no interior do condensador, à distância $s = 5$ cm do eixo das placas e à distância $l - s$ do fio (ver esquema (b)).

b) Considere agora a situação em que a tensão nas placas do condensador varia no tempo de acordo com $V(t) = 100\cos(10^6 t)$. Determine o campo de indução magnética (\vec{B}) no mesmo ponto P . Esboce um gráfico deste campo em função do tempo.

