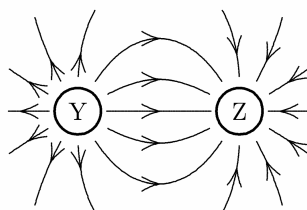


Parte I (6 valores)

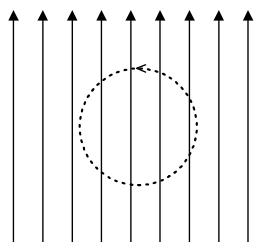
Cada uma das questões de escolha múltipla que se seguem pode ter mais do que uma resposta correcta. As respostas têm que ser sucintamente justificadas.

1. [1,5 val.] O diagrama mostra as linhas de campo eléctrico de uma região do espaço que contem duas partículas (estáticas) carregadas (com cargas Y e Z, de igual módulo). Pode-se dizer que:

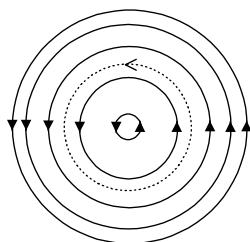
- A. Y é negativa e Z é positiva
- B. A intensidade do campo eléctrico é a mesma em todos os pontos
- C. Y é positiva e Z é negativa
- D. Y e Z têm o mesmo sinal
- E. O potencial é nulo a meia distância entre as duas partículas (sobre a linha que as une)



2. [1,5 val.] Nas figuras I e II mostram-se as linhas de campo eléctrico de duas situações distintas. Na situação I descreve-se o campo uniforme numa região entre as placas de um condensador. Na situação II descreve-se o campo eléctrico induzido numa certa região por um campo magnético variável (o campo magnético é uniforme, distribuído num volume cilíndrico, mas variável no tempo). Sejam W_I e W_{II} os trabalhos realizados pela força eléctrica ao transportar quase estaticamente uma pequena carga de prova ao longo dos caminhos fechados (circunferências) a tracejado mostradas nas figuras (começando num ponto e terminando no mesmo ponto) nas situações I e II, respectivamente.



(I)



(II)

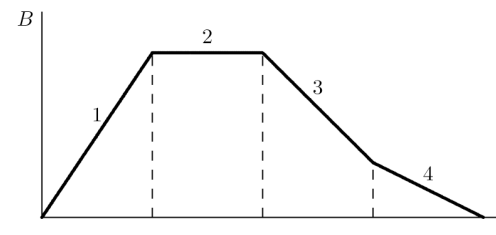
Pode-se dizer que:

- A. $W_I = 0$ e $W_{II} = 0$.
- B. $W_I \neq 0$ e $W_{II} \neq 0$
- C. $W_I = 0$ e $W_{II} \neq 0$
- D. $W_I \neq 0$ e $W_{II} = 0$
- E. $W_I = W_{II} \neq 0$ se os caminhos fechados utilizados no cálculo (circunferências) tiverem o mesmo raio

3. [1,5 val.] Um campo magnético não pode:

- A. exercer uma força sobre uma partícula carregada
- B. mudar a velocidade (vector) de uma partícula carregada
- C. mudar o momento linear (vector) de uma partícula carregada
- D. mudar a energia cinética de uma partícula carregada
- E. mudar a trajetória de uma partícula carregada

4. [1,5 val.] A figura mostra o gráfico do módulo de um campo de indução magnética uniforme, \vec{B} , em função do tempo.



Sabendo que \vec{B} é perpendicular ao plano de uma espira condutora, ordene as cinco regiões indicadas na figura por ordem crescente do módulo da força electromotriz (FEM) induzida na espira:

- A. 1, 2, 3, 4
- B. 2, 4, 3, 1
- C. 4, 3, 1, 2
- D. 1, 3, 4, 2
- E. 4, 3, 2, 1

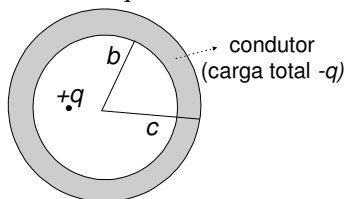
**Parte II (14 valores)**

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

5. [5 val.] Considere uma esfera condutora oca, de raios interno e externo b e c , respectivamente, com uma carga total $-q$.

a) Como se distribui a carga $-q$ na superfície interior e na superfície exterior da esfera quando não existe qualquer carga na cavidade? Justifique.

b) Suponha agora que uma carga pontual positiva $+q$, é colocada algures no interior da cavidade esférica, sem ser no centro (como se mostra na figura) e sem tocar na parede interior da esfera. Como se distribui agora a carga nas duas superfícies da esfera? Justifique.



Faça um desenho (aproximado) das linhas de força do campo eléctrico na cavidade.

c) Se mover a carga $+q$ no interior da cavidade, a distribuição de carga na superfície exterior da esfera modifica-se? Justifique

d) Considere agora a situação em que a carga pontual $+q$ é substituída por uma pequena esfera condutora, de raio a , com a mesma carga ($+q$) colocada no centro da esfera maior. Determine a energia desta configuração.

6. [3,5 val.]

a) Mostre que o campo no interior de uma esfera dieléctrica uniformemente polarizada, com polarização \vec{P} , é dado por

$$\vec{E} = -\frac{\vec{P}}{3\epsilon_0},$$

onde ϵ_0 é a permissividade do vácuo. Para realizar o cálculo parta do conhecimento de que o campo no interior da esfera uniformemente polarizada é idêntico àquele que é produzido por duas distribuições idealizadas de carga nas seguintes circunstâncias: duas esferas com o mesmo raio, R , contendo cada uma delas uma distribuição de carga eléctrica, em volume, sendo as respectivas densidades, $+\rho$ e $-\rho$, uniformes, de sinais contrários e iguais em módulo, são levadas a sobrepor-se quase completamente de modo que os seus centros O_+ e O_- , respectivamente, ficam a uma distância muito pequena entre si ($|\vec{d}| \ll R$, com $\vec{d} = \vec{O_-O_+}$).

b) Determine as densidades de carga de polarização distribuídas em volume e em superfície na esfera dieléctrica considerada na alínea anterior. Considere que o vector polarização tem a direcção e sentido do eixo dos zz e exprima o resultado em termos do módulo da polarização e do ângulo polar (ângulo θ das coordenadas polares esféricas). Faça um esquema para ilustrar como se distribuem as cargas de polarização na esfera.

7. [2 val.] Considere uma corrente superficial distribuída na superfície S com densidade de corrente \vec{K} . A descontinuidade do campo magnético ao atravessar S pode ser descrita pela relação $\vec{B}^+ - \vec{B}^- = \mu_0(\vec{K} \times \vec{n})$, onde \vec{B}^+ e \vec{B}^- representam o campo magnético em pontos imediatamente acima e abaixo, respectivamente, de S ; \vec{n} é o vector unitário normal a S , apontando para cima.

Discuta, recorrendo à relação de cima, a continuidade ou descontinuidade do campo magnético ao atravessar S , no que diz respeito às três componentes relevantes de \vec{B} :

i) componente de \vec{B} perpendicular à corrente e paralela a S ;

ii) componente de \vec{B} perpendicular à corrente e a S ;

iii) componente de \vec{B} paralela à corrente.

8. [3,5 val.] Considere um condensador de placas paralelas circulares, de raio a e separadas da distância $d \ll a$ (ver figura). Aplica-se às placas uma tensão variável no tempo $V = V_0 \cos(\omega t)$, através de fios ligados aos centros das placas. Admita que se está em regime quase estacionário.

a) Determine para a região entre as placas do condensador (região I) o campo eléctrico e o campo magnético \vec{B} induzido, em função do tempo e da distância (r) ao eixo que liga os centros das placas.

b) Determine a densidade de carga nas placas do condensador, em função do tempo. Determine também a intensidade de corrente que flui nos fios que estão ligados às placas do condensador.

