4323203 – Física III para a Poli

Segunda lista de exercícios

1. Considere que uma folha de papel, que possui uma área igual a $0,250\ m^2$, está orientada de modo que o vetor **NORMAL** a sua superfície faça um ângulo de 60° com um campo elétrico uniforme, cuja magnitude é de $14\ N/C$.

(a) Encontre a magnitude do fluxo desse campo elétrico através da folha.

(b) A resposta que você encontrou no item anterior depende do formato da folha? Por quê?

(c) Para quais ângulos, que podem ser definidos entre esse vetor normal e o campo elétrico, a magnitude desse fluxo é (i) maior e (ii) menor? Justifique a sua resposta.

2. Seja um cubo, com lados de tamanho $L = 0,300\ m$, colocado com um dos vértices sobre a origem de um eixo cartesiano tridimensional, conforme mostra a Figura 1. Agora considere que esse cubo está num ambiente onde há um campo elétrico **NÃO UNIFORME**, dado especificamente por $\vec{E} = (-5,00\ N/C\cdot m)\,x\hat{i} + (3,00\ N/C\cdot m)\,z\hat{k}$.

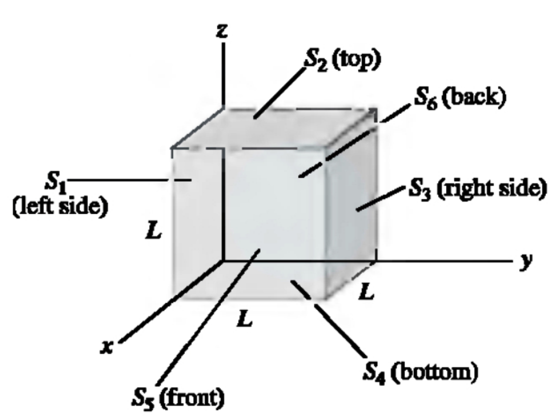

Figura 1

(a) Encontre o fluxo do campo elétrico que passa por cada uma das seis faces S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 e S_6.

(b) Encontre a carga elétrica total que está contida no interior do cubo.

3. As três pequenas esferas que constam na Figura 2 possuem cargas $q_1 = 4,00\ nC$, $q_2 = -7,80\ nC$ e $q_3 = 2,40\ nC$.

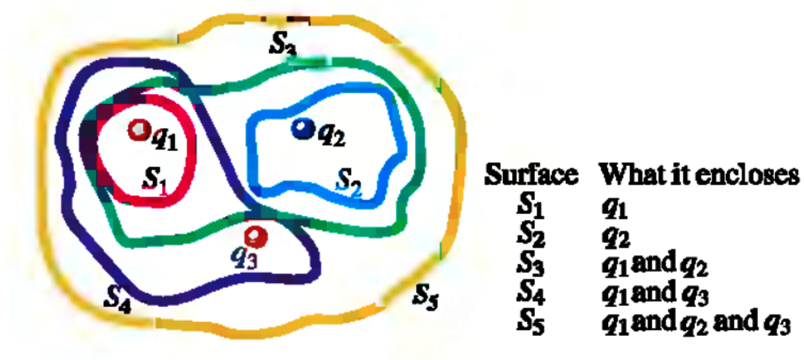

Figura 2

(a) Encontre o fluxo elétrico que atravessa cada uma das cinco superfícies S_1, S_2, S_3, S_4 e S_5.

(b) As respostas que você deu no item **(a)** dependeram de como as cargas estão distribuídas sobre cada uma das esferas? Por quê?

4. Uma esfera sólida de metal com raio $0,450\ m$ tem uma carga elétrica de $0,250\ nC$. Encontre a magnitude do campo elétrico associado (a) num ponto que está **FORA** da esfera, a $0,100\ m$ da superfície, e (b) num ponto **DENTRO** da esfera, $0,100\ m$ abaixo da superfície.

5. Conforme mostra a Figura 3 a seguir, um campo elétrico uniforme $\vec{E}_1$ aponta para fora de uma das faces de um paralelepípedo, enquanto, na face oposta, temos outro campo elétrico uniforme $\vec{E}_2$ apontando para o interior deste paralelepípedo. No caso,

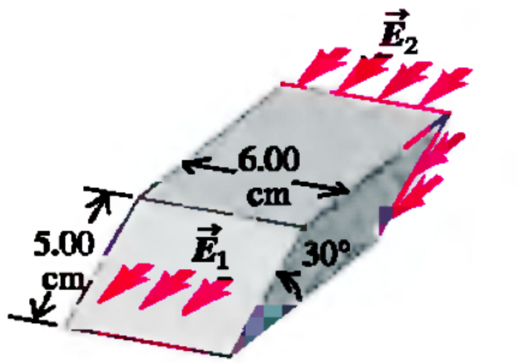

Figura 3

esses campos $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$, que possuem magnitudes $2,50 \times 10^4$ N/C e $7,00 \times 10^4$ N/C respectivamente, têm a mesma direção horizontal sobre a qual essas duas faces estão inclinadas a 30,0°.

(a) Assumindo que não existe qualquer outro campo elétrico atravessando as superfícies, determine a carga total que está contida nesse paralelepípedo.

(b) O campo elétrico total é produzido apenas pelas cargas que estão contidas nesse paralelepípedo ou é também devido às cargas estão fora dele? Como você sabe disso?

6. Considere que uma pequena casca esférica **CONDUTORA**, com raio interno a e raio externo b, é concêntrica a uma outra casca esférica um pouco maior que também é **CONDUTORA**, cujo raio interno é c e raio externo é d, conforme mostra a Figura 4 na página a seguir. No caso da casca interna, ela possui uma carga elétrica igual a $+2q$; no caso da casca externa, ela possui uma carga elétrica igual a $+4q$.

(a) Calcule o campo elétrico (magnitude e direção) em função da carga q e da distância r que existe entre o centro que é comum a essas duas cascas e um ponto de observação quando: (i) $r < a$; (ii) $a < r < b$; (iii) $b < r < c$; (iv) $c < r < d$; e (v) $r > d$. Mostre os seus resultados num (único) gráfico da componente radial deste campo em função de r.

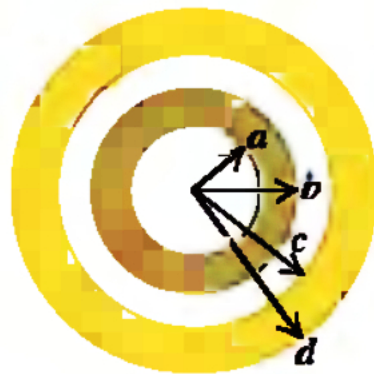

Figura 4

(b) Qual é a carga total nas superfícies (i) interna e (ii) externa da casca menor, e (iii) interna e (iv) externa da casca maior?

7. Seja uma esfera sólida **CONDUTORA** com raio R que possui uma carga total positiva Q. Suponha que esta esfera é cercada por uma casca **ISOLANTE**, cujos raios interno e externo são R e $2R$ respectivamente, a qual possui uma densidade uniforme de carga ρ.

(a) Encontre o valor de ρ para que a carga total do sistema "esfera + casca" seja igual a zero.

(b) Considerando o valor de ρ que você encontrou no item anterior, encontre o campo elétrico (magnitude e direção) em cada uma das regiões $0 < r < R$, $R < r < 2R$ e $r > 2R$. Mostre os seus resultados num (único) gráfico da componente radial desse campo em função de r.

(c) Um fato conhecido é que o campo elétrico é **DESCONTÍNUO** apenas nos lugares onde existe uma fina camada de carga elétrica. Explique como os resultados que você obteve em **(b)** concordam com este fato.

8. Sabemos que a **LEI DE COULOMB** nos permite calcular a força que uma partícula exerce sobre outra desde que ambas sejam eletricamente carregadas. Com base no **PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO**, também sabemos que somos capazes de calcular qual é a força total que existe numa situação mais geral, onde um conjunto com mais do que duas partículas eletricamente carregadas se faz presente.

(a) Diante destes fatos, e considerando que existe uma partícula puntual com carga $+q$ em algum lugar do espaço, dê um exemplo de como você pode colocar duas partículas puntuais adicionais próximas desta primeira de modo que a força elétrica total sobre ela seja zero.

(b) Se a força total sobre a partícula com carga $+q$ é zero, isso significa que essa carga está em equilíbrio. No caso, dizemos que esse equilíbrio é **ESTÁVEL** se, quando essa carga $+q$ é deslocada **INFINITESIMALMENTE** em qualquer direção, a força que surge sobre ela a puxa de volta para a sua posição de equilíbrio. Pensando justamente neste caso, qual deve ser a direção do campo elétrico $\vec{E}$, que é criado devido à existência das demais cargas, nos pontos próximos à posição de equilíbrio de $+q$?

(c) Agora imagine que a carga $+q$ é movida para **LONGE** da sua posição de equilíbrio. Construindo uma pequena superfície gaussiana centrada na posição de equilíbrio, mostre, aplicando a Lei de Gauss, que é impossível satisfazer a condição de estabilidade que foi descrita em **(b)**. Ou seja, mostre que uma carga $+q$ não pode ser posta numa situação de equilíbrio estável apenas por forças eletrostáticas. Este resultado é conhecido como *Teorema de Earnshaw*.

(d) Embora todos os itens acima tenham sido desenvolvidos considerando uma carga puntual $+q$, prove que o Teorema de Earnshaw também se aplica a uma carga puntual $-q$.

9. Uma distribuição de carga **NÃO UNIFORME**, porém **ESFERICAMENTE SIMÉTRICA**, possui uma densidade de carga que é dada por

$$\rho(r) = \begin{cases} \rho_0 (1 - r/R) \ , \ \ \text{para } r \leqslant R \ , \\ 0 \ , \ \ \text{para } r \geqslant R \ , \end{cases}$$

onde $\rho_0 = 3Q/(\pi R^3)$ é uma constante positiva.

(a) Mostre que a carga total contida nesta distribuição de carga é igual a Q.

(b) Mostre que o campo elétrico na região $r \geqslant R$ é idêntico aquele que é produzido por uma carga puntual Q em $r = 0$.

(c) Obtenha uma expressão para o campo elétrico na região $r \leqslant R$.

(d) Grafique a magnitude do campo elétrico $\vec{E}$ em função de r.

(e) Encontre o valor de r onde esse campo elétrico é **MÁXIMO** e calcule o campo nesta posição.