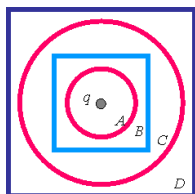




Fluxo do Campo Eléctrico e Lei de Gauss da Eletrostática

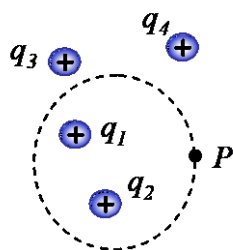
1. Considere um campo eléctrico uniforme de $\vec{E} = (2kN/C)\hat{i}$.
- a) Qual o fluxo deste campo através de um quadrado, paralelo ao plano yz , de 10 cm de lado? (Sol: $20 \text{ Nm}^2/C$)
- b) Qual o fluxo deste campo através do mesmo quadrado, mas agora orientado paralelamente ao plano xz ? (Sol: 0)
- c) Qual o fluxo deste campo através de um quadrado, com as mesmas dimensões, mas cuja normal faça um ângulo de 30° com o eixo xx ? (Sol: $17.4 \text{ Nm}^2/C$)

2. A figura mostra um corte transversal de duas superfícies gaussianas esféricas e duas cúbicas que têm no seu centro uma carga pontual positiva.



- a) Ordene por ordem crescente o fluxo do campo eléctrico através das quatro superfícies. (R: $\phi_A = \phi_B = \phi_C = \phi_D$)
- b) Ordene por ordem crescente a intensidade de campo eléctrico nas quatro superfícies e indique em quais a intensidade é uniforme. (R: $E_D < E_C < E_B < E_A$)

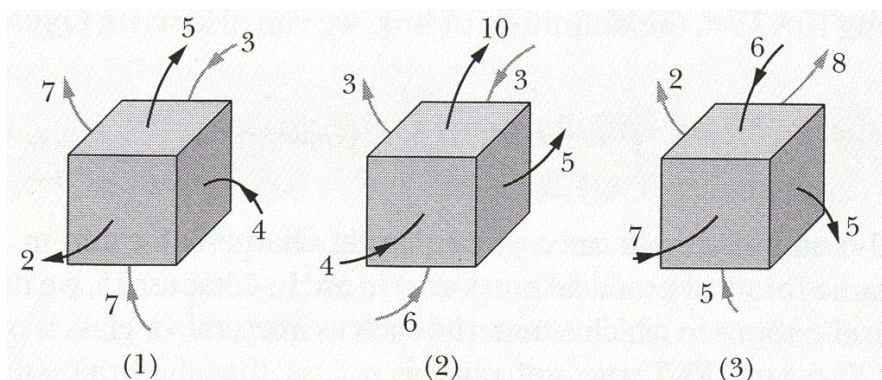
3. Considere a distribuição de quatro cargas positivas ilustradas na figura. Considere uma superfície Gaussiana, que envolve parte da distribuição de cargas (curva a tracejado na figura).



- a) Quais são as cargas que contribuem para o campo eléctrico no ponto P . (R: Todas)
- b) Qual o fluxo do campo eléctrico através da superfície gaussiana representada. (R: $(q_1 + q_2)/\epsilon_0$)
- c) Desenhe uma nova superfície de Gauss que inclua as quatro cargas e passe no ponto P . O fluxo através dessa nova superfície seria maior, menor ou igual do que o calculado na alínea anterior? O campo eléctrico calculado em P seria maior, menor ou igual do que o calculado na alínea anterior? Justifique. (R: Maior; Igual)
4. A figura mostra três situações em que uma superfície gaussiana cúbica delimita três regiões onde existe um campo eléctrico. A direcção e o sentido do campo são indicados

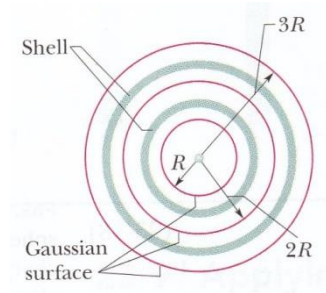


pelas setas, os números junto das setas indicam a magnitude do fluxo do campo eléctrico através de cada uma das faces (em $\text{Nm}^2 \text{C}^{-1}$). Calcule a carga no interior do cubo em cada uma das situações. (R: 0; $5 \epsilon_0$; $-3 \epsilon_0$)

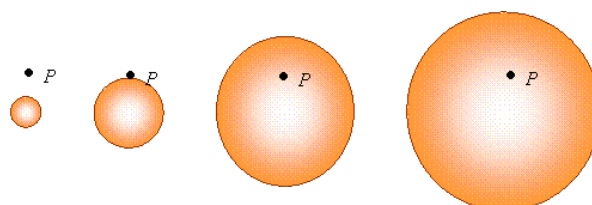


5. Considere uma superfície de Gauss cúbica, de lado d , imersa num campo eléctrico uniforme, \vec{E} , que actua numa direcção paralela a uma das arestas do cubo. Calcule, em função de E e d , o fluxo do campo eléctrico através de cada uma das faces e o fluxo através de toda a superfície gaussiana.

6. A figura mostra em corte transversal, uma esfera central metálica e duas cascas esféricas, também metálicas. Na mesma figura estão representadas três superfícies gaussianas de raios R , $2R$ e $3R$, todas concêntricas. A esfera interior tem carga Q , a casca menor $3Q$ e a exterior $5Q$. Ordene as superfícies gaussianas de acordo com a magnitude do campo eléctrico nas suas superfícies, da menor para a maior. (R: $E_1 = E_2 = E_3$)



7. A figura mostra quatro esferas sólidas, cada uma delas com carga total Q uniformemente distribuída por todo o





-
- volume. Em todas as esferas a distância do ponto P ao centro da esfera é a mesma.
- a) Ordene as esferas por ordem crescente da sua densidade de carga. (R: $\rho_D < \rho_C < \rho_B < \rho_A$)
- b) Ordene as esferas, por ordem crescente, tendo em consideração o módulo do campo eléctrico no ponto P . (R: $E_D < E_C < E_B = E_A$)
8. Considere superfície de Gaussiana cilíndrica, de comprimento $d = 15$ cm e raio $R = 3$ cm, imersa num campo eléctrico uniforme $\vec{E} = 5 \text{ N/C}$, paralelo ao eixo do cilindro. Calcule o fluxo do campo eléctrico através da superfície gaussiana. (R: 0)
9. Uma esfera condutora de 10 cm de raio possui uma carga de valor desconhecido. Sabendo-se que o campo eléctrico à distância de 15 cm do centro da esfera é radial, aponta centriptamente e tem módulo igual a $3.0 \times 10^3 \text{ N/C}$, qual é a carga da esfera?
(R: $7.5 \times 10^{-9} \text{ C}$)
10. Um segmento de recta uniformemente carregado, com a densidade linear de carga $\lambda = 3.5 \text{ nC/m}$, estende-se de $x = 0$ até $x = 5$ m. Qual é a carga total do filamento? (R: 17.5 nC)
11. Uma esfera metálica de casca fina tem um raio de 25 cm e uma carga $2.0 \times 10^{-7} \text{ C}$.
Determine o campo eléctrico num ponto:
- (a) dentro da esfera; (Sol: 0)
- (b) imediatamente fora da esfera; (Sol: $28.8 \times 10^3 \text{ N/C}$)
- (c) a 3.0 m do centro da esfera. (Sol: 200 N/C)
-



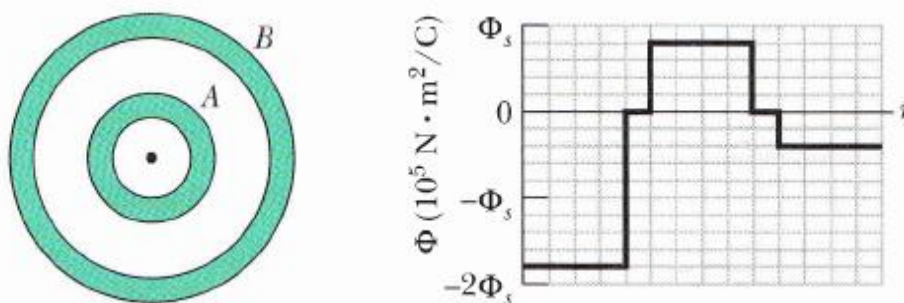
12. Uma superfície esférica de raio 6 cm tem uma densidade superficial de carga uniforme

$$\sigma = 9 \text{ nC/m}^2.$$

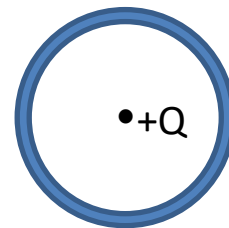
- a) Qual é a carga total na superfície? (R: $4.1 \times 10^{-10} \text{ C}$)
- b) Calcule o campo eléctrico em $r = 2 \text{ cm}$, $r = 5.9 \text{ cm}$, $r = 6.1 \text{ cm}$, $r = 10 \text{ cm}$. (0; 0; 984 N/C; 369 N/C)
13. Uma esfera de raio 6 cm, com uma distribuição contínua de carga, possui uma densidade volúmica de carga $\rho = 450 \text{ nC/m}^3$.
- a) Calcule a carga total da esfera. (R: $4.1 \times 10^{-10} \text{ C}$)
- b) Calcule o campo eléctrico a $r = 2 \text{ cm}$, $r = 5.9 \text{ cm}$, $r = 6.1 \text{ cm}$, $r = 10 \text{ cm}$. (341 N/C; 1007 N/C; 984 N/C; 369 N/C)
- c) Compare os resultados com os que obteve no problema 15.
14. Considere uma placa horizontal, isoladora, infinita, carregada em que a densidade superficial de carga é 8 nC/m^2 .
- a) Calcule o campo eléctrico num ponto situado 10 cm acima da placa. (R: $E = 452 \text{ N/C}$)
- b) Imagine agora que uma segunda placa horizontal, igual à primeira mas com uma densidade superficial de carga de -8 nC/m^2 é colocada a uma distância 20 cm da primeira. Calcule o campo eléctrico (i) num ponto situado a meia distância entre as duas placas (ii) num ponto situado a 5 cm da primeira placa e a 15 cm da segunda. (R: i) $E = 904 \text{ N/C}$; ii) $E = 904 \text{ N/C}$)



15. Uma pequena esfera carregada está localizada no centro geométrico de duas cascas condutoras (ver figura (a) que mostra um corte transversal do sistema). Na figura (b) mostra-se a variação do fluxo do campo elétrico através de uma superfície gaussiana esférica, centrada na pequena esfera central, em função do raio dessa esfera gaussiana. A escala do eixo vertical é tal que $\Phi_s = 5 \times 10^5 \text{ N m}^2/\text{C}$. Todo o sistema se encontra no vazio.



- a) Calcule a carga da esfera central. (R: $Q_{\text{esf}} \approx -8 \mu\text{C}$)
- b) Calcule as cargas de cada uma das cascas esféricas A e B. (R: $Q_A \approx +11.5 \mu\text{C}$; $Q_B \approx -5.3 \mu\text{C}$)
- c) Explique a razão porque é que há duas regiões em que o fluxo do campo elétrico é nulo. (R: Decorre do facto do campo elétrico no interior de um condutor em equilíbrio eletrostático ser nulo)
- d) Qual a distribuição de carga nas cascas, quando todo o sistema se encontra em equilíbrio electrostático? **Justifique** (R: Q (Superfície interna casca A) $\approx +8 \mu\text{C}$; Q (Superfície externa casca A) $\approx +3.5 \mu\text{C}$; Q (Superfície interna casca B) $\approx -3.5 \mu\text{C}$; Q (Superfície externa casca B) $\approx -1.8 \mu\text{C}$)
16. Considere uma casca esférica metálica inicialmente descarregada. Suponha agora que uma carga positiva $+Q$ é colocada no centro da casca, sem tocar na parede interior da casca. Como se distribui a carga na superfície metálica interior e na superfície exterior da casca? **Justifique**

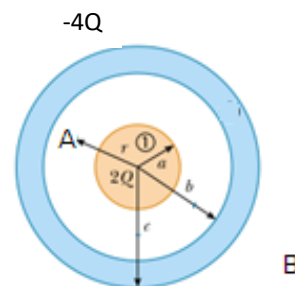




17. Considere uma esfera condutora de carga $2Q$ e raio a (0.05m). Considere uma casca esférica condutora de carga $-4Q$, de raio interior b e raio exterior c , concêntrica com a esfera.

(a) **Demonstre**, partindo da Lei de Gauss, **que a magnitude** do campo eléctrico no **ponto A** é dada pela seguinte expressão:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Q}{r^2}$$



(b) Considere que $Q=2.5 \text{ nC}$. Caracterize o campo eléctrico no ponto B (magnitude, direcção e sentido), que se encontra a uma distância $d=3a$, do centro da esfera

18. Considere uma casca esférica metálica, centrada no ponto O, com raio $R = 1 \text{ m}$ e com uma carga $-8.85 \mu\text{C}$.

Nota: $R_A = R/2$; $R_B = 3R/2$.

a) Calcule o fluxo eléctrico através duma superfície gaussiana esférica centrada em O e que passe por B.

b) Descreva o que acontece ao fluxo do campo eléctrico, através da superfície gaussiana, se for substituída por uma superfície cúbica de volume 10 vezes maior.

c) Compare o campo eléctrico, provocado por esta casca, nos pontos A e B.

