



Constantes que podem ser úteis na resolução dos problemas:

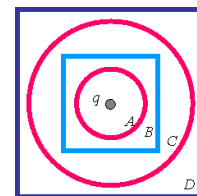
$$e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}; \quad m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}; \quad K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2; \quad m_p = 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}; \quad G = 6.7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2;$$

1. Considere um campo elétrico uniforme: $\vec{E} = 2\hat{i} \text{ kN/C}$

- Qual o fluxo deste campo através de um quadrado, paralelo ao plano yz, de 10 cm de lado? (20 N m²/C)
- Qual o fluxo deste campo através do mesmo quadrado, mas agora orientado paralelamente ao plano xz? (0)
- 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? (17.4 N m²/C)

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

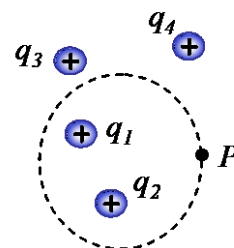
- Ordene por ordem crescente o fluxo do campo elétrico através das quatro superfícies.
- Ordene por ordem crescente a intensidade de campo elétrico nas quatro superfícies e indique em quais a intensidade é uniforme.



($E_D < E_C < E_B < E_A$ – Repare que nas superfícies B e D o módulo do campo elétrico não tem o mesmo valor em todos os pontos)

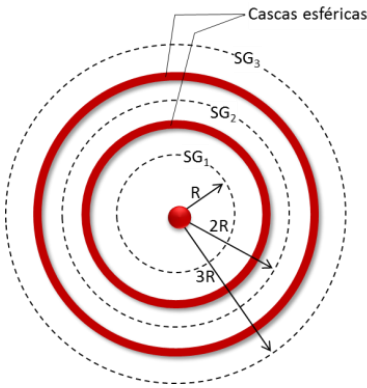
3. Considere a distribuição de quatro cargas positivas ilustradas na figura. Considere uma superfície, que envolve parte da distribuição de cargas (curva a tracejado na figura).

- Quais são as cargas que contribuem para o campo elétrico no ponto P.
- Qual o fluxo do campo elétrico através da superfície representada.
- Desenhe uma nova superfície 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 elétrico calculado em P seria maior, menor ou igual do que o calculado na alínea anterior? Justifique.



4. Considere uma superfície cúbica, de lado d , imersa num campo elétrico uniforme, \vec{E} , com direcção paralela a uma das arestas do cubo. Calcule, em função de E e d , o fluxo do campo elétrico através de cada uma das faces e o fluxo através de toda a superfície do cubo.

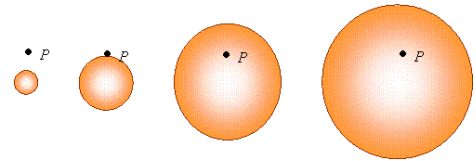
5. Considere uma superfície cilíndrica, de comprimento $d = 15 \text{ cm}$ e raio $r = 3 \text{ cm}$, imersa num campo elétrico uniforme ($E = 5 \text{ N/C}$) paralelo ao eixo do cilindro. Calcule o fluxo do campo elétrico através da superfície cilíndrica.



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 concêntricas, SG_1 , SG_2 e SG_3 de raios R , $2R$ e $3R$. A esfera interior tem carga Q , a casca menor $3Q$ e a exterior $5Q$. Ordene as superfícies gaussianas por ordem crescente da magnitude do campo elétrico nas suas superfícies.

$$(E_1 = E_2 = E_3)$$

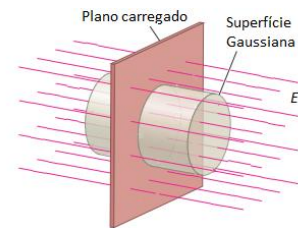
7. A figura mostra quatro esferas sólidas, cada uma delas com carga total Q uniformemente distribuída por todo o volume. Em todas as esferas a distância do ponto P ao centro da esfera é a mesma.



- Ordene as esferas por ordem crescente da sua densidade de carga.
- Ordene as esferas, por ordem crescente, tendo em consideração o módulo do campo elétrico no ponto P .

$$(a) \rho_D < \rho_C < \rho_B < \rho_A \quad (b) E_D < E_C < E_B = E_A$$

8. Um plano não condutor, infinito tem uma densidade de carga de $\sigma = -25 \mu\text{C}/\text{m}^2$. Calcule o fluxo do campo elétrico através da superfície gaussiana cilíndrica, com eixo perpendicular ao plano de raio A e comprimento B (ver figura).



9. Uma esfera condutora de 10 cm de raio possui uma carga de valor desconhecido. Sabendo-se que o campo elétrico à distância de 15 cm do centro da esfera é radial, aponta para o centro e tem módulo igual a $3.0 \times 10^3 \text{ N/C}$, qual é a carga da esfera?

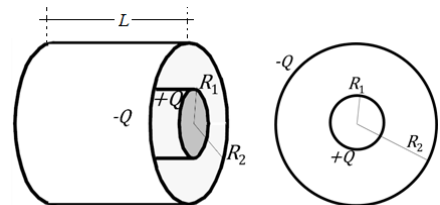
$$(-7.5 \text{ nC})$$

10. Um filamento uniformemente carregado, de espessura desprezável, com a densidade linear de carga $\lambda = 3.5 \text{ nC/m}$, estende-se de $x = 0$ até $x = 5 \text{ m}$.

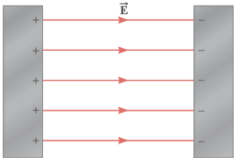
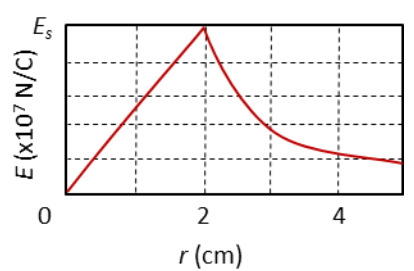
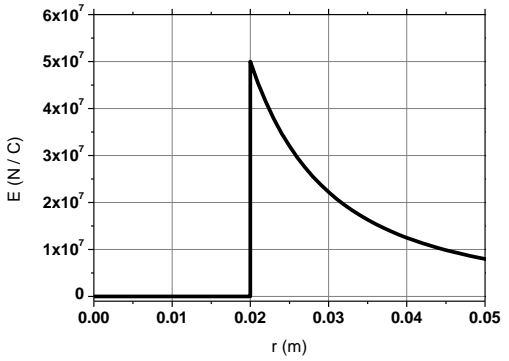
- Qual é a carga total do filamento?
- Calcular o campo elétrico num ponto fora do filamento, a uma distância de 1 cm do centro do filamento

$$(17.5 \text{ nC})$$

11. Considere o sistema da figura constituído por duas superfícies metálicas cilíndricas, concêntricas de raios R_1 e R_2 ($R_2 > R_1$). Estas superfícies são carregadas com cargas simétricas de igual módulo ($Q_1 = +Q$ e $Q_2 = -Q$). Admita que $L \gg R_2$ e que pode, portanto, ignorar o efeito de bordos.



- Calcule o campo elétrico em função da distância r ao eixo de simetria das superfícies cilíndricas.
- Represente o campo elétrico em função da distância ao eixo de simetria.

12. Uma casca metálica fina tem um raio de 25 cm e uma carga 2.0×10^{-7} C. Determine o campo eléctrico num ponto:
- (a) dentro da esfera; (0)
 - (b) imediatamente fora da esfera; (28.8×10^3 N/C)
 - (c) a 3.0 m do centro da esfera. (200 N/C)
13. Uma superfície esférica de raio 6 cm tem uma densidade superficial de carga uniforme $\sigma = 9$ nC/m².
- a) Qual é a carga total na superfície? (4.1×10^{-10} C)
 - b) Calcule o campo eléctrico em $r = 2$ cm, $r = 5.9$ cm, $r = 6.1$ cm, $r = 10$ cm. (0; 0; 984 N/C; 369 N/C)
14. Uma esfera de raio 6 cm, com uma distribuição contínua de carga, possui uma densidade volúmica de carga $\rho = 450$ nC/m³.
- a) Calcule a carga total da esfera. (4.1×10^{-10} C)
 - b) Calcule o campo eléctrico a $r = 2$ cm, $r = 5.9$ cm, $r = 6.1$ cm, $r = 10$ cm. (341 N/C; 1007 N/C; 984 N/C; 369 N/C)
 - c) Compare os resultados com os que obteve no problema anterior.
15. Considere uma placa horizontal, isoladora, infinita, carregada em que a densidade superficial de carga é 8 nC/m².
- a) Calcule o campo eléctrico num ponto situado 10 cm acima da placa. (452 N/C)
 - b) Imagine agora que uma segunda placa horizontal, igual à primeira mas com uma densidade superficial de carga de -8 nC/m² é colocada a uma distância 20 cm da primeira. Calcule o campo eléctrico num ponto situado:
 - i) a meia distância entre as duas placas; (904 N/C)
 - ii) a 5 cm da primeira placa e a 15 cm da segunda. (904 N/C)
16. O campo eléctrico no interior de um condensador plano é constante e de magnitude $E = \sigma/\epsilon_0$, sendo σ a densidade de carga das placas. Demonstre este resultado usando a lei de Gauss.
- 
17. A figura mostra a variação da magnitude do campo eléctrico no interior e no exterior de uma esfera, carregada positivamente, em função da distância ao centro da esfera. Na escala vertical, $E_s = 5 \times 10^7$ N/C.
- 
- a) A esfera é condutora ou isoladora? Justifique.
 - b) Calcule a carga da esfera? ($Q \approx + 2.2 \mu\text{C}$)
18. O gráfico da figura mostra a variação da intensidade do campo eléctrico em função da distância (r) ao centro de uma esfera electricamente carregada de raio 2 cm.
- 
- a) Diga se a esfera é isoladora ou condutora. Justifique.
 - b) Calcular a carga eléctrica da esfera.
 - c) Calcule o fluxo do campo eléctrico através de uma superfície gaussiana esférica de raio 4 cm.

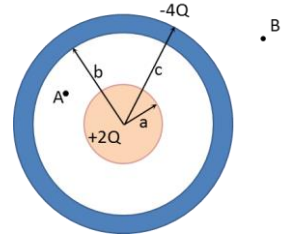
19. Considere uma casca esférica metálica inicialmente descarregada. Suponha agora que uma carga positiva $+Q$ é colocada no centro da casca, sem tocar na parede interior da casca. Como se distribui a carga na superfície metálica interior e na superfície exterior da casca? Justifique

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

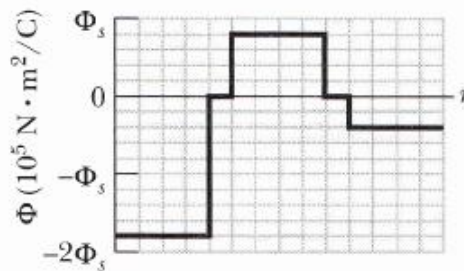
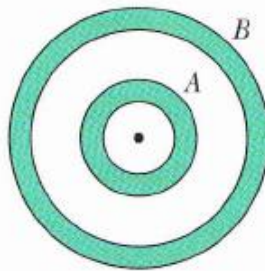
a) Demonstre, partindo da Lei de Gauss, que a magnitude do campo eléctrico no ponto A é dada pela seguinte expressão $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Q}{r^2}$.

b) Qual a distribuição de carga na casca, quando todo o sistema se encontra em equilíbrio electrostático? Justifique

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



21. 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 eléctrico 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 $\phi_s = 5 \times 10^5$ N m²/C. Todo o sistema se encontra no vazio.



a) Calcule a carga da esfera central.

($Q_{\text{esf}} \approx -8 \mu\text{C}$)

b) Calcule as cargas de cada uma das cascas esféricas A e B.

($Q_A \approx +11.5 \mu\text{C}$; $Q_B \approx -5.3 \mu\text{C}$)

c) Explique a razão por que é que há duas regiões em que o fluxo do campo eléctrico é nulo. (R: E no interior de um condutor em equilíbrio electrostático é nulo)

d) Qual a distribuição de carga nas cascas, quando todo o sistema se encontra em equilíbrio electrostático?

Justifique.

(Q (Sup. Int. A) $\approx +8 \mu\text{C}$; Q (Sup. Ext. A) $\approx +3.5 \mu\text{C}$; Q (Sup. Int. B) $\approx -3.5 \mu\text{C}$; Q (Sup. Ext. B) $\approx -1.8 \mu\text{C}$)

22. Considere uma casca esférica metálica, centrada no ponto O, com raio $R = 1$ m e com uma carga $-8.85 \mu\text{C}$. Considere $R_A = R/2$ e $R_B = 3R/2$.

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.

