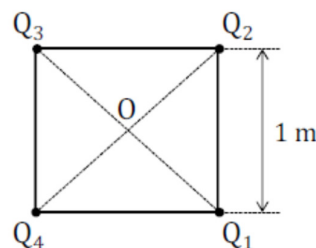


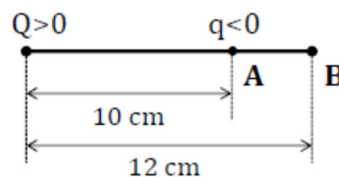
Folha 7 – Eletricidade e magnetismo

Campo elétrico, potencial, condensadores

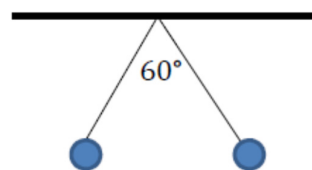
- Duas cargas pontuais estão localizadas sobre o eixo dos yy , $q_1 = -1,5 \mu\text{C}$ na posição $y = 0,3 \text{ m}$ e $q_2 = 3,2 \mu\text{C}$ em $y = -0,4 \text{ m}$.
 - Determine as forças de interação entre as duas cargas.
 - Determine a força exercida por cada uma dessas cargas sobre uma terceira carga, $q_3 = -5 \mu\text{C}$, localizada em $y = 0,6 \text{ m}$, e também a força total sobre q_3 .
- Duas cargas pontuais estão localizadas sobre o eixo dos xx , $q_1 = +0,5 \text{ nC}$ na posição $x = 0,2 \text{ m}$ e $q_2 = +4 \text{ nC}$ em $x = -0,3 \text{ m}$.
 - Determine o campo elétrico total na origem do eixo.
 - Há algum ponto do eixo em que o campo elétrico seja nulo? Qual?
 - Determine a força total exercida sobre uma terceira carga pontual $q_3 = -2 \text{ nC}$ situada na origem do eixo.
- Duas partículas pontuais com massas de 10 g e 5 g , e cargas $q_1 = +5 \mu\text{C}$ e $q_2 = +3 \mu\text{C}$, respetivamente, movem-se no vácuo na direção uma da outra. Quando a distância entre elas é de 1 m , as suas velocidades são $v_1 = 10^5 \text{ m/s}$ e $v_2 = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$. Qual a distância mínima a que as cargas virão a estar uma da outra?
- Considere um anel uniformemente carregado com uma carga $+Q$. O anel tem raio R e espessura desprezável.
 - Mostre que o campo elétrico gerado pelo anel é nulo no seu centro.
 - Obtenha a expressão do campo elétrico criado num ponto P sobre o eixo do anel, à distância z do centro do anel.
 - Calcule a diferença de potencial entre o centro do anel e o ponto P .
- Em três vértices de um quadrado de lado 1 m colocam-se cargas elétricas pontuais, tal como mostra a figura, sendo $Q_1 = +4 \mu\text{C}$, $Q_2 = +3 \mu\text{C}$ e $Q_3 = -2 \mu\text{C}$.
 - Determine o potencial elétrico no centro do quadrado.
 - Qual o valor de uma carga elétrica Q_4 que deve ser colocada no quarto vértice de modo que o potencial elétrico se torne nulo no centro do quadrado?



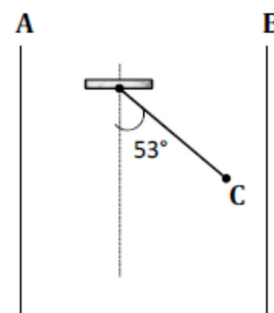
- Duas cargas pontuais, $Q = +6 \times 10^{-4} \text{ C}$ e $q = -4 \mu\text{C}$, distam entre si 10 cm , no vazio, tal como mostra a figura. A carga Q está fixa.
 - Determine o trabalho realizado pela força elétrica sobre a carga q quando esta se desloca com velocidade constante do ponto A para o ponto B .
 - Qual o trabalho realizado pela força exterior no deslocamento do ponto A para o ponto B ?
 - Qual a variação de energia potencial elétrica do sistema de cargas?



7. Duas esferas iguais de dimensão muito pequena, estão suspensas de fios de igual comprimento (2 m), que fazem um ângulo de 60° entre si. Calcule o valor da carga de cada esfera sabendo que estas se encontram em equilíbrio e que têm massas de 10 g.



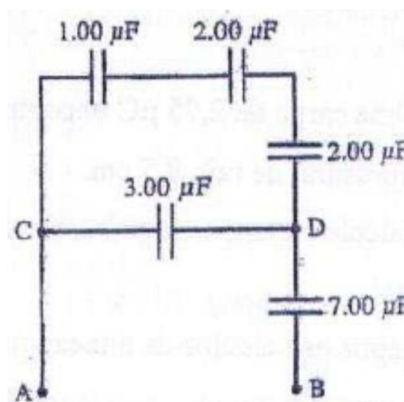
8. Duas placas eletrizadas, A e B, estão dispostas verticalmente a 30 cm uma da outra. A diferença de potencial entre as placas é 3000 V, sendo $V_A < V_B$. Uma pequena esfera C, de massa 2 g e carga q , está ligada a um fio ideal isolante, formando um pêndulo em equilíbrio, nas condições da figura.



- (a) Determine o módulo do campo elétrico existente entre as placas A e B.
 (b) Qual a carga q da esfera C?
 (c) Determine o módulo da tensão do fio.

9. A diferença de potencial entre os terminais do condensador de $1.00 \mu\text{F}$ da figura é de 10 V.

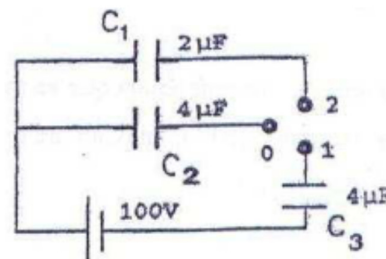
- (a) Qual a capacidade equivalente entre A e B?
 (b) Calcule a diferença de potencial entre C e D.



10. Um condensador de placas planas e paralelas é constituído por duas placas quadradas com 14 cm de lado, separadas por 2 mm (em vácuo). O condensador é ligado a uma bateria de 12 V.

- (a) Determine a capacidade do condensador.
 (b) Determine a carga armazenada no condensador.
 (c) Desligando a bateria e mantendo a mesma carga no condensador, aumenta-se a separação entre as placas para 3,5 mm. Qual a capacidade do condensador e a diferença de potencial entre as placas após o afastamento destas?

11. Os condensadores representados na figura estão inicialmente descarregados. Faz-se a ligação 0-1 até se atingir o equilíbrio (até a corrente se anular). Em seguida, desfaz-se a ligação 0-1 e faz-se a ligação 0-2. Determine a carga final e a energia armazenada em cada condensador.

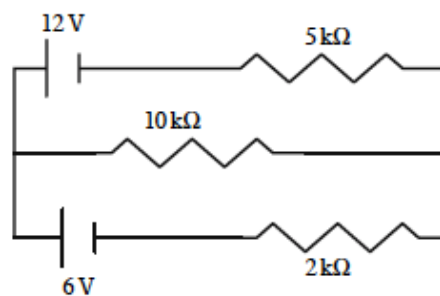


12. Os iões no interior e no exterior de uma célula estão separados por uma membrana plana com espessura de 10 nm e constante dielétrica $k = 8$.

- (a) Determine a capacidade de 1 cm^2 de membrana.
 (b) Se a diferença de potencial entre o interior e o exterior da membrana for 0,1 V, determine a carga eletrostática armazenada na membrana por cada cm^2 .

Corrente eléctrica

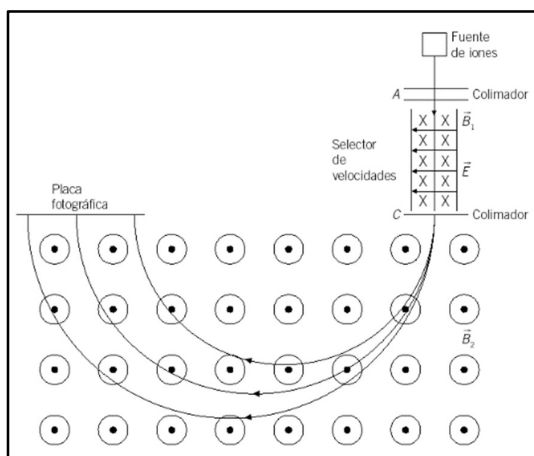
13. Um axónio pode ser modelado por um condutor cilíndrico com $10\text{ }\mu\text{m}$ de diâmetro e resistividade de $2\text{ }\Omega\text{m}$.
- (a) Qual a resistência de um axónio com 30 cm de comprimento?
(b) Que comprimento deveria ter um cabo de cobre de igual diâmetro para apresentar a mesma resistência do axónio? A resistividade do cobre é $1,72 \times 10^{-8}\text{ }\Omega\text{m}$.
14. Uma bateria com uma força eletromotriz de 6 V e resistência interna de $2\text{ }\Omega$ é ligada a uma lâmpada com resistência de $4\text{ }\Omega$.
- (a) Determine a corrente no circuito.
(b) Qual a diferença de potencial efetiva nos terminais da bateria?
15. No circuito da figura, determine a corrente que atravessa a resistência de $10\text{ k}\Omega$.
16. Uma resistência de $1\text{ M}\Omega$ é ligada a uma bateria. Um amperímetro é inserido no circuito para medir a corrente que sai da bateria. Um voltímetro com uma resistência interna de $10\text{ M}\Omega$ é usado para medir a diferença de potencial nos terminais da resistência. Qual a variação na leitura da corrente no amperímetro quando o voltímetro é ligado à resistência?

**Campo magnético**

17. Por um fio condutor retilíneo e comprido colocado sobre o eixo dos yy passa uma corrente de 10 A . Determine o campo magnético a 10 cm do fio sobre o eixo dos zz .
18. Durante a passagem de um sinal nervoso num axónio, o campo magnético à distância de $1,2\text{ mm}$ do axónio chega a atingir $1,1 \times 10^{-10}\text{ T}$. Calcule o valor máximo da corrente no axónio capaz de dar origem a esse campo.
19. Um fio condutor comprido, com comprimento de 30 cm , paralelo ao eixo dos xx , conduz uma corrente eléctrica de $8,5\text{ A}$ no sentido positivo do eixo. Sobre o fio atua um campo magnético uniforme de $1,65\text{ T}$, com o sentido positivo do eixo dos yy . Determine a força que atua no fio.
20. Determine a força que um campo magnético uniforme, de módulo $1,28\text{ T}$ e o sentido positivo do eixo dos zz , exerce sobre um protão com velocidade $4 \times 10^6\text{ m/s}$.
21. Um feixe de protões move-se com velocidade de $12,4\text{ km/s}$ no sentido positivo do eixo dos xx e passa por uma região onde se cruzam um campo eléctrico e um campo magnético de modo a não ocorrer desvio do feixe. O campo magnético tem uma intensidade de $0,85\text{ T}$ e o sentido positivo do eixo dos yy .

- (a) Determine o campo elétrico.
 (b) Um feixe de eletrões com a mesma velocidade seria desviado na região referida?

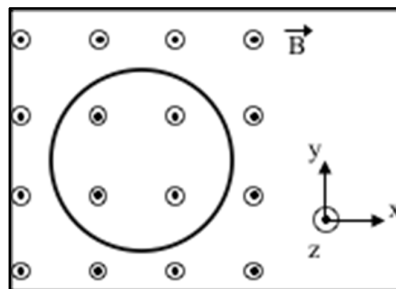
22. A figura representa um espectrómetro de massa com um campo magnético de 1 Tesla. Qual a distância entre duas linhas dos isótopos 12 e 16 do carbono na placa fotográfica do espectrómetro? Considere que os iões só perdem um eletrão e são acelerados à velocidade de 3×10^5 m/s ($1 \text{ uma} = 1,6 \times 10^{-27}$ kg).



Indução eletromagnética

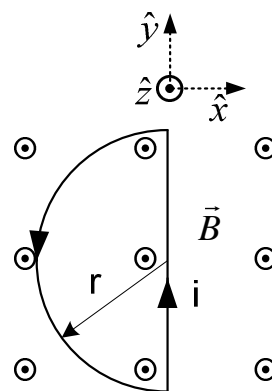
23. Considere uma bobine plana com 100 espiras de secção circular de raio $R = 1$ cm, colocada perpendicularmente a um campo magnético dado por $\vec{B}(t) = (1 - 0,01 t) \hat{k}$ (T).

- (a) Calcule o fluxo magnético através da bobine nos instantes $t = 0$ s, $t = 10$ s e $t = 100$ s.
 (b) Determine a expressão geral para o fluxo magnético através da bobine.
 (c) Calcule a força eletromotriz induzida na bobine.



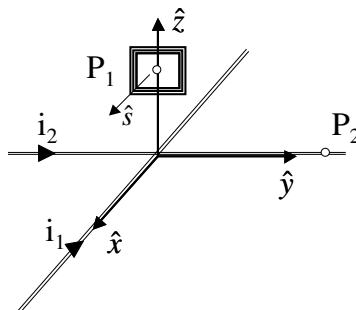
24. Considere a situação representada na figura, em que uma espira semicircular está imersa num campo magnético uniforme de intensidade 0,1 T, sendo $r = 1$ cm e $i = 2$ A.

- (a) Determine a direção e o módulo da força exercida sobre o segmento reto da espira.
 (b) Mostre que a força resultante total a que a espira está sujeita é nula.
 (c) Se o campo magnético sofrer um aumento de intensidade à taxa de 2 kT/s, mantendo a direção e o sentido, determine a corrente induzida na espira se esta tiver uma resistência $R = 2 \Omega$.

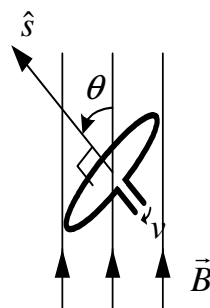


25. A figura representa dois fios condutores percorridos pelas correntes i_1 e i_2 com os sentidos indicados. O quadrado em torno do ponto P_1 (0, 0, d) representa uma bobine plana de secção quadrada, situada no plano yz, com lado $L = 1$ cm e $N = 3$ espiras.

- (a) Se as correntes nos fios forem $i_1 = i_2 = 100$ A e $d = 10$ cm, determine o campo magnético criado por cada um dos fios na posição do ponto P_1 .
- (b) Qual o valor do magnético no ponto P_2 situado em $(0,d,0)$?
- (c) Considere que $i_1 = I \sin(\omega t)$ e $i_2 = I \cos(\omega t)$, sendo $I = 100$ A e $\omega = 100$ rad/s. Mostre que o campo magnético no ponto P_1 é dado por $\vec{B} = B_0(\cos \omega t \hat{i} + \sin \omega t \hat{j})$ e calcule o valor de B_0 .
- (d) Nas condições da alínea anterior, e considerando que o campo magnético sobre a bobine é uniforme, igual ao seu valor no centro desta, mostre que é induzida na espira uma força eletromotriz $\varepsilon = NL^2 \omega B_0 \sin(\omega t)$ e determine a amplitude dessa tensão.



26. A figura ao lado representa uma espira plana de área S rodando em torno de um eixo vertical, no seio de um campo magnético de módulo B representado por algumas linhas de campo. A espira é suficientemente pequena para que o campo magnético se possa considerar uniforme sobre a sua área. O ângulo θ varia em função do tempo da forma $\theta = \theta_0 + \omega t$, com ω e θ_0 constantes. Mostre que a força eletromotriz induzida na espira é $\varepsilon = BS\omega \sin \theta$.



27. Um comboio metálico com 10 m de comprimento, 1 m de largura e 1,5 m de altura desloca-se a uma velocidade de 120 km/h sobre 2 carris paralelos retilíneos distanciados de 1 m, numa zona onde o campo magnético é perpendicular à superfície terrestre e tem módulo de 5×10^{-5} T. Nestas condições, qual é a diferença de potencial que se estabelece entre os carris?

Soluções

1. (a) 0,088 N, atrativa; (b) $\vec{F}_{13} = +0,75 \hat{j}$ (N); $\vec{F}_{23} = -0,144 \hat{j}$ (N); $\vec{F}_3 = 0,606 \hat{j}$ (N)
2. (a) $\vec{E}(0) = 287,5 \hat{i}$ (N/C); (b) $x = 0,07$ m; (c) $\vec{F}_3 = -5,75 \times 10^{-7} \hat{i}$ (N)
3. $d = 9 \times 10^{-10}$ m = 0,9 nm
4. (a) $\vec{E}_0 = 0$; (b) $\vec{E}_P = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{z}{(R^2+z^2)^{3/2}} \hat{k}$; (c) $V_0 - V_P = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2+z^2}} \right)$
5. (a) $V_O = 63,6$ kV; (b) $Q_4 = -5$ μ C
6. (a) $W_{el} = -36$ J; (b) $W_{ext} = 36$ J; (c) $\Delta E_p = -36$ J
7. $q = +5$ μ C
8. (a) $E = 10^4$ V/m; (b) $q = -26$ μ C; (c) $T = 0,33$ N
9. (a) $C_{eq} = 7/3$ μ F; (b) $V_{CD} = 20$ V
10. (a) 87 pF; (b) 1,04 nC; (c) 50 pF, 21 V
11. $Q_1 = 200/3$ μ C (10/9 mJ); $Q_2 = 400/3$ μ C (20/9 mJ); $Q_3 = 200$ μ C (5 mJ)
12. (a) 0,708 μ F; (b) 0,0708 μ C
13. (a) $7,6 \times 10^9$ Ω ; (b) $3,48 \times 10^7$ m
14. (a) 1 A; (b) 4 V
15. 0,68 mA
16. 10% de aumento
17. $\vec{B} = 2 \times 10^{-5} \hat{i}$ (T)
18. $I = 0,66$ μ A
19. $\vec{F} = 4,2 \hat{k}$ (N)
20. $\vec{F} = -8,2 \times 10^{-13} \hat{j}$ (N)
21. (a) $\vec{E} = -10540 \hat{k}$ (N/C); (b) não
22. $d = -2,4$ cm
23. (a) $\phi(0) = 0,0314$ Tm²; $\phi(10) = 0,0283$ Tm²; $\phi(100) = 0$
(b) $\phi(t) = 0,0314 (1 - 0,01 t)$ Tm²; (c) $\epsilon = 0,314$ mV
24. (a) $\vec{F}_m(\text{dir}) = 4 \times 10^{-3} \hat{i}$ (N); (c) $I_{ind} = 0,157^a$ (sentido oposto ao de i)
25. (a) $\vec{B}_1 = 200 \hat{j}$ (μ T); $\vec{B}_2 = 200 \hat{i}$ (μ T); (b) $\vec{B} = -200 \hat{k}$ (μ T); (c) 2×10^{-4} T; (d) 6 μ V
27. $\Delta V = |\epsilon_{ind}| = 1,67$ mV