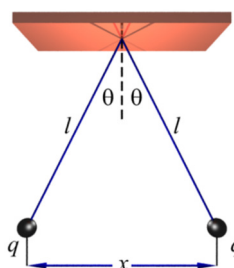


Física II – Exercícios de Eletromagnetismo - 2022-23

Capítulo I – Carga elétrica e Lei de Coulomb

1. A força eletrostática entre dois iões iguais, separados por uma distância de $5,0 \cdot 10^{-10}$ m, é de $3,7 \cdot 10^{-9}$ N.
 - a) Qual é o módulo da carga em cada ião? (**R:** $3,2 \times 10^{-19}$ C)
 - b) Quantos eletrões faltam em cada ião? (**R:** 2)
2. Duas cargas fixas, de $+1 \cdot 10^{-6}$ C e $+3 \cdot 10^{-6}$ C, estão separadas por uma distância $d = 10$ cm.
 - a) Onde é que se pode localizar uma terceira carga, de modo a que a força resultante sobre ela seja nula? (**R:** 3,7 cm)
 - b) Considerando movimentos apenas ao longo da linha que une as cargas, o equilíbrio dessa terceira carga vai ser estável ou instável? (**R:** Estável se a carga é positiva e instável se negativa)
3. A carga total de duas pequenas esferas carregadas positivamente é de $5 \cdot 10^{-5}$ C. Como está a carga distribuída entre as duas esferas, sabendo-se que a força de repulsão entre elas, quando estão separadas de 2 m, é igual a 1 N? (**R:** $1,16 \cdot 10^{-5}$ C e $3,84 \cdot 10^{-5}$ C)
4. Qual deve ser a distância entre dois prótons, para que a força elétrica repulsiva que neles actua seja igual aos seus próprios pesos, na superfície da Terra? Veja o valor da massa do próton na Tabela de Constantes Físicas. (**R:** 0,12 m)
5. No modelo de Bohr o raio do átomo de hidrogénio é $5,29 \cdot 10^{-11}$ m. Determine:
 - a) A intensidade da força elétrica que actua no eletrão devido ao próton e compare esse valor com a intensidade da atração gravítica entre as duas cargas. (**R:** $8,245 \cdot 10^{-8}$ N e $2,276 \cdot 10^{-39}$).
 - b) A aceleração centrípeta e a velocidade orbital do eletrão.

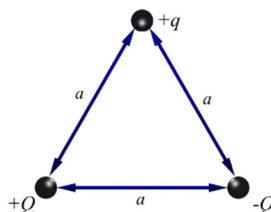


6. Duas esferas iguais, de massa m e carga q , estão penduradas por fios de seda de comprimento l , como mostra a figura acima. Admita que o ângulo θ é suficientemente pequeno para se poder substituir $\tan \theta$ por $\sin \theta$ sem se cometer um erro apreciável. Mostre que, nesta aproximação, se tem que:

$$x = \left(\frac{l q^2}{2\pi \epsilon_0 m g} \right)^{1/3}$$

onde x é a distância entre os centros das duas esferas. Se $l = 120$ cm, $m = 10$ g e $x = 5$ cm, qual é o valor de q ? (**R:** $2,38 \times 10^{-8}$ C)

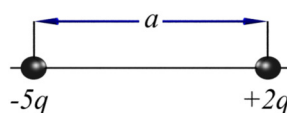
7. Duas esferas, de cargas idênticas, estão penduradas em fios inextensíveis de comprimento $l = 50$ cm e cuja massa é desprezável. Supondo que os fios fazem um ângulo de 30° com a vertical e que a massa de cada uma das esferas vale 20g, calcule o módulo da carga existente em cada esfera. (**R:** $1,77 \mu\text{C}$)
8. Duas partículas com cargas iguais e separadas por uma distância $d = 3,2 \cdot 10^{-3}$ m são largadas do repouso. A aceleração da primeira partícula é 7 m/s^2 e a da segunda é 9 m/s^2 . Se a massa da primeira partícula for igual a $6,3 \cdot 10^{-7}$ kg, determine:
 - a) A massa da segunda partícula; (**R:** $4,9 \cdot 10^{-7}$ kg)
 - b) O módulo da carga de cada partícula. (**R:** $7,08 \cdot 10^{-11}$ C)
9. Duas cargas, $q_1 = +6\mu\text{C}$ e $q_2 = +4\mu\text{C}$, assentes no eixo X, estão separadas por uma distância $d = 10$ cm. Considere a carga q_1 colocada na origem do eixo X.
 - a) Uma terceira carga $q_3 = +2\mu\text{C}$ situa-se num ponto equidistante entre q_1 e q_2 . Determine a força que é exercida na carga q_3 . (**R:** $14,4 \vec{e}_x \text{ N}$)
 - b) Ao longo do eixo X pode deslocar-se uma outra carga $q = -2\mu\text{C}$. Em que ponto(s) do eixo é que esta carga deixa de ficar sujeita à ação de qualquer força elétrica? (**R:** $5,5$ cm)



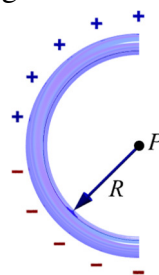
10. Três cargas estão dispostas nos vértices de um triângulo equilátero, tal como indicado na figura acima. Qual é a direção e o sentido da força elétrica que atua sobre a carga $+q$? (**R:** Direção: paralela à linha que une as cargas $+Q$ e $-Q$; sentido de $+Q$ para $-Q$)
11. Nos vértices de um quadrado de 40 cm de lado estão colocadas cargas idênticas de $+3\mu\text{C}$ cada uma. Determine a força que atua em cada uma das cargas. (**R:** $(\pm 0,68 \vec{e}_x \pm 0,68 \vec{e}_y) \text{ N}$)

Capítulo II – Campo eletrostático

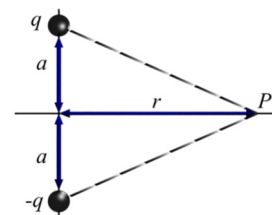
12. Qual deve ser o módulo de uma carga elétrica pontual, de modo a produzir um campo de 2 N/C à distância de 50 cm? (**R:** $5,6 \cdot 10^{-11}$ C)



13. Localize na figura acima o ponto (ou os pontos) onde a intensidade do campo elétrico é nula. Considere $a = 50 \text{ cm}$. (R: 86 cm)
14. Três cargas idênticas q estão colocadas em três vértices de um quadrado de lado l . Calcule o campo elétrico no quarto vértice. (R: $K q/l^2 (1,35 \mathbf{e}_x + 1,35 \mathbf{e}_y)$)
15. Um fio metálico, de comprimento l , está uniformemente carregado com uma carga total q . Determine o campo elétrico num ponto P situado ao longo do eixo do fio, a uma distância a do seu extremo mais próximo. (R: $K q/l (1/x - 1/(x-l))$)
16. Um bastão fino de vidro é encurvado de modo a formar um semicírculo de raio R . Uma carga $+Q$ está distribuída uniformemente ao longo da metade superior, e uma carga $-Q$ ao longo da metade inferior, como mostra a figura ao lado. Determine o campo elétrico E , no ponto P no centro do semicírculo. (R: $-4 K Q/(\pi R^2) \mathbf{e}_y$)
17. Determine o módulo do campo elétrico, num ponto P, criado por um fio de comprimento infinito e densidade linear de carga λ , a uma distância r perpendicular ao fio. Qual é a simetria do campo? (R: $2K \lambda/r$; simetria cilíndrica)
18. Determine o módulo do campo elétrico E , num ponto P, localizado no eixo de um anel uniformemente carregado, de raio R e carga total Q e situado a uma distância z do centro do anel. (R: $KQz/(z^2+R^2)^{3/2}$)
19. Determine o campo elétrico E , num ponto P, localizado no eixo de um disco uniformemente carregado, de raio R e densidade superficial de carga σ e a uma distância z do centro do disco. Determine igualmente o campo elétrico quando $R \rightarrow \infty$ (plano infinito). (R: $\sigma z/(2\epsilon_0) (1/|z| - 1/(z^2+R^2)^{1/2})$)

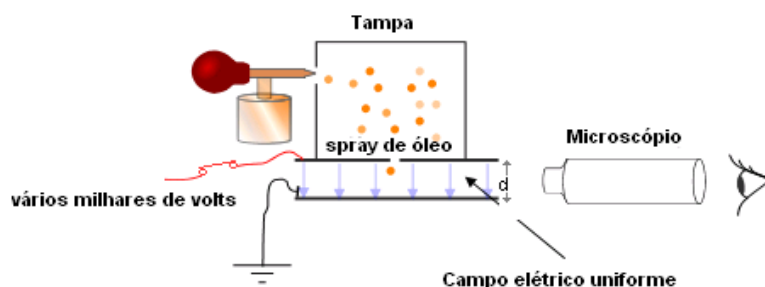


20. *Campo axial produzido por um dipolo elétrico:* Para um dipolo constituído por um par de cargas q e $-q$, separadas por uma distância vertical $2a$, considere um ponto P colocado à distância r do centro do dipolo e situado no seu eixo (ver a figura ao lado).



- a) Mostre que para $r \gg a$ a intensidade do campo elétrico em P é dada por: $K \frac{p}{l^3}$, onde p é o módulo do momento dipolar e l a distância de cada carga ao ponto P.
- b) Quais a direção e sentido do campo elétrico em P? (R: direção: paralela ao dipolo, sentido de $+q$ para $-q$)

21. Experiência de Millikan: No aparelho da figura (idealizado por R.A. Millikan) uma pequena gota de óleo carregada num campo elétrico uniforme \mathbf{E} , é equilibrada ajustando-se o valor de $|\mathbf{E}|$ de modo a que a força elétrica na gota tenha uma intensidade exactamente igual, e de sentido oposto, ao seu peso. Se o raio da gota for de $1,64 \times 10^{-4}$ cm, e o valor de E , no equilíbrio, for de $1,92 \times 10^5$ N/C, calcule a carga da gota em múltiplos da carga do electrão. (A densidade do óleo é $0,851 \text{ g/cm}^3$). (R: 5)



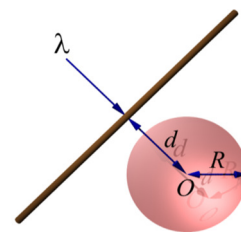
Capítulo III – Movimento de cargas num campo elétrico uniforme

22. Existe um campo elétrico uniforme \mathbf{E} no espaço entre duas placas paralelas de cargas opostas. Um electrão parte do repouso, a partir da superfície da placa carregada negativamente, e incide sobre a superfície da placa oposta, a 2 cm de distância, após $1,5 \times 10^{-8}$ s.
- Qual a velocidade desse electrão quando ele incide sobre a segunda placa? (R: $2,7 \cdot 10^6 \text{ m/s}$)
 - Qual o módulo do campo elétrico \mathbf{E} ? (R: 1011 N/C)
23. Um electrão com uma velocidade inicial $\mathbf{v}_0 = v_0 \mathbf{e}_x$, onde $v_0 = 8,6 \times 10^5 \text{ m/s}$, entra numa região onde existe um campo elétrico uniforme $\mathbf{E} = E_0 \mathbf{e}_x$, onde $E_0 = 4,1 \times 10^3 \text{ N/C}$. Determine:
- A aceleração do electrão; (R: $-7,21 \cdot 10^{14} \mathbf{e}_x \text{ m/s}^2$)
 - O tempo que o electrão leva a parar; (R: $1,2 \text{ ns}$)
 - A distância que o electrão percorre até parar. (R: $0,51 \text{ mm}$)
24. Protões são projetados com uma velocidade inicial $v_0 = 9,55 \times 10^3 \text{ m/s}$, segundo uma direção que faz um ângulo ϑ com a horizontal. Sabendo que nessa região existe um campo elétrico uniforme $\mathbf{E} = -E_0 \mathbf{e}_y$, onde $E_0 = 720 \text{ N/C}$ e que os protões devem atingir um alvo que se encontra a uma distância horizontal $l = 1,27 \text{ mm}$, determine:
- Os ângulos ϑ que resultam na colisão dos protões com o alvo; (R: 37° e 53°)
 - O tempo total de voo para cada trajetória. (R: 167 ns e 221 ns)

Capítulo IV – Fluxo de um campo elétrico e Lei de Gauss

25. Um cone com uma base de raio R e altura h encontra-se numa mesa horizontal. Um campo elétrico uniforme e horizontal, \mathbf{E} , atravessa o cone. Determine o fluxo do campo elétrico que entra no cone. (**R:** $|\mathbf{E}| Rh$)
26. Um campo elétrico de intensidade $3,5 \cdot 10^3 \text{ N/C}$ é aplicado ao longo do eixo dos X . Calcule o fluxo elétrico, através de um plano rectangular de área $0,35 \times 0,70 \text{ m}^2$, se o plano:
- For paralelo ao plano YZ ; (**R:** 857 Vm)
 - For paralelo ao plano XY ; (**R:** 0)
 - Contiver o eixo Y e a sua normal fizer um ângulo de 40° com o eixo dos X . (**R:** 657 Vm)
27. Um campo elétrico uniforme $\mathbf{E} = a \mathbf{e}_x + b \mathbf{e}_y \text{ N/C}$ intersecta uma superfície de área A . Determine o fluxo através desta área, se a superfície se encontrar no plano:
- YZ ; (**R:** $a \text{ N/C A}$)
 - XZ ; (**R:** $b \text{ N/C A}$)
 - XY . (**R:** 0)
28. Um cubo de lado l está colocado numa região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme e perpendicular a duas das suas faces. Determine o fluxo do campo através do cubo. (**R:** 0)
29. Determine, pela aplicação da Lei de Gauss, o campo elétrico a uma distância r de uma distribuição linear de carga uniforme e infinita, cuja carga por unidade de comprimento é λ . (**R:** $\lambda / (2 \pi \epsilon_0 r)$)
30. Determine o campo elétrico devido a um plano YZ infinito e não condutor, carregado uniformemente com uma carga por unidade de área σ . (**R:** $\sigma / (2 \epsilon_0)$)
31. Uma esfera oca, não condutora, tem um raio exterior b e um raio interior a . A carga total da esfera é Q e encontra-se uniformemente distribuída. Determine o campo elétrico \mathbf{E} a uma distância r do centro da esfera, se:
- $r > b$; (**R:** $K Q / r^2 \mathbf{e}_r$)
 - $a < r < b$; (**R:** $K Q / r^2 (r^3 - a^3) / (b^3 - a^3) \mathbf{e}_r$)
 - $r < a$. (**R:** 0)
32. Considere duas esferas ocas, condutoras e concêntricas, uniformemente carregadas. As esferas têm raios r_1 e r_2 e cargas Q_1 e Q_2 , respectivamente ($r_1 < r_2$). Determine o campo elétrico a uma distância r em relação ao centro das esferas, nos casos seguintes:
- $r < r_1$; (**R:** 0)
 - $r_1 < r < r_2$; (**R:** $K Q_1 / r^2 \mathbf{e}_r$)
 - $r > r_2$. (**R:** $K (Q_1 + Q_2) / r^2 \mathbf{e}_r$)

33. Um fio de comprimento infinito, carregado com uma densidade de carga λ , encontra-se a uma distância d de um ponto O , como indicado na figura ao lado
- a) Determine o fluxo do campo elétrico através de uma superfície esférica centrada em O quando $R < d$. (**R:** 0)
- b) Mostre que o fluxo do campo elétrico através de uma superfície esférica centrada em O , quando $R > d$, é dado por $2\lambda/\epsilon_0 (R^2 - d^2)^{1/2}$.
- c) Se $\lambda > 0$ qual a orientação e sentido das linhas do campo elétrico em torno do fio? (**R:** orientação perpendicular ao fio, sentido para fora)



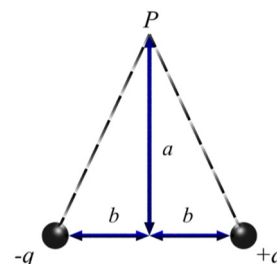
Capítulo V – Potencial elétrico

34. Uma carga pontual $q_1 = +2\mu\text{C}$ é colocada na origem do eixo X. Uma segunda carga $q_2 = -3\mu\text{C}$ é colocada na posição $x = 100\text{ cm}$. Em que ponto(s) do eixo X é que o potencial elétrico se anula? (**R:** -200 cm e +40 cm)

35. Duas cargas pontuais, $q_1 = +5\text{nC}$ e $q_2 = -3\text{nC}$, estão separadas por uma distância $d = 35\text{ cm}$.

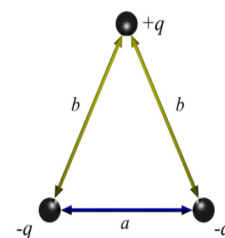
- a) Qual é a energia potencial do sistema constituído pelas duas cargas? Qual o significado do sinal algébrico dessa energia potencial? (**R:** $-3,85 \cdot 10^{-7}\text{ J}$)
- b) Qual é o potencial elétrico no ponto que se situa na linha que une as cargas e que é equidistante das duas? (**R:** 102,7 V)

36. Calcule o potencial no ponto P da figura ao lado. (**R:** 0)



37. Três cargas q estão colocadas em três vértices de um quadrado de lado l . Determine o potencial elétrico no quarto vértice. (**R:** $2,707 K q/l$)

38. Três cargas encontram-se nos vértices de um triângulo isósceles, como indicado na figura ao lado ($a = 2\text{ cm}$, $b = 4\text{ cm}$). Calcule o potencial elétrico no ponto médio da base. Considere que $q = 7\mu\text{C}$. (**R:** $-1,096 \cdot 10^7\text{ V}$)



39. Duas placas metálicas, iguais e paralelas, com uma densidade superficial de carga $+\sigma$ e $-\sigma$, estão separadas por uma distância de 50 cm e encontram-se ligadas a uma bateria de 90 V. Se a distância entre as placas for muito menor do que as dimensões das mesmas, determine:

- a) A intensidade do campo elétrico E entre as placas; (**R:** 180 N/C)
- b) A densidade superficial de carga σ . (**R:** $1,595 \cdot 10^{-9}\text{ C/m}^2$)

40. Qual a diferença de potencial, $\Delta\Phi$, necessária para parar um eletrão com uma velocidade inicial de $4,2 \cdot 10^5\text{ m/s}$? (**R:** -0,502 V)

41. Considere dois pontos, P_1 e P_2 , num campo elétrico. O potencial em P_1 é $\Phi_1 = -30\text{ V}$ e o potencial em P_2 é $\Phi_2 = +150\text{ V}$. Determine o trabalho que uma força

- externa deverá realizar para mover uma carga $q = -4,7\mu\text{C}$ de P_2 para P_1 . (**R:** $+8,46 \cdot 10^{-4} \text{ J}$)
42. A intensidade do campo elétrico entre duas placas paralelas carregadas, separadas por 1,8 cm, é $2,4 \cdot 10^4 \text{ N/C}$. Determine a diferença de potencial $\Delta\Phi$ entre as placas e calcule a energia cinética E_c , ganha por um próton que se move da placa positiva para a placa negativa. (**R:** 432 V e $6,91 \cdot 10^{-17} \text{ J}$)
43. a) Calcule a velocidade v de um próton que é acelerado, do repouso, por uma diferença de potencial $\Delta\Phi = -120 \text{ V}$; (**R:** $1,516 \cdot 10^5 \text{ m/s}$)
 b) Calcule a velocidade v de um eletrão que é acelerado do repouso, por uma diferença potencial em módulo igual àquela. (**R:** $6,50 \cdot 10^6 \text{ m/s}$)
44. Um ião, acelerado por uma diferença de potencial $\Delta\Phi = 115 \text{ V}$, sofre um acréscimo de energia cinética $\Delta E_c = 7,37 \cdot 10^{-17} \text{ J}$. Calcule a carga do ião. (**R:** $6,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)
45. Um eletrão, movendo-se paralelamente ao eixo X, tem uma velocidade inicial $v_0 = 3,7 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ na origem. A sua velocidade é reduzida para $v = 1,4 \cdot 10^5 \text{ m/s}$ no ponto $x = 2 \text{ cm}$. Calcule a diferença de potencial $\Delta\Phi$ entre a origem e este ponto. Qual dos pontos está a um potencial mais elevado? (**R:** -38,9 V, mais elevado no início)
46. Calcule a energia potencial do átomo de hidrogénio, E_p , em função da distância r a que o seu eletrão se encontra do núcleo. (**R:** $-K e^2 / r$)
47. Considere um fio uniformemente carregado, de comprimento l e densidade linear de carga λ . Determine o potencial Φ , num ponto P situado na reta que passa pelo fio e a uma distância a do extremo mais próximo do fio. (**R:** $K \lambda \ln((a+l)/a)$)
48. Considere um anel de raio R e carga total Q e um eixo X perpendicular ao plano do anel e com origem no centro do anel. Determine o potencial Φ , num ponto P do eixo e situado a uma distância x do centro do anel. (**R:** $K Q / (R^2 + x^2)^{1/2}$)
49. Considere um disco com um buraco circular no centro, sendo R_0 o raio interior e R o raio exterior do disco. Determine o potencial elétrico criado por este disco num ponto P situado num eixo que passa pelo centro do disco e que fica a uma distância x do centro, se a densidade superficial σ for uniforme. Determine também o potencial elétrico criado pelo disco no ponto P se $R_0=0$. (**R:** $2\pi K\sigma ((R^2 + x^2)^{1/2} - (R_0^2 + x^2)^{1/2})$ e $2\pi K\sigma ((R^2 + x^2)^{1/2} - |x|)$)
50. Seja um anel uniformemente carregado de raio R e carga Q e o eixo X o seu eixo de simetria. Uma carga pontual Q , de massa M , situa-se no centro do anel. Quando é deslocada ligeiramente, a carga pontual acelera ao longo do eixo X em direção ao infinito. Mostre que a velocidade da carga, no infinito, é:

$$\sqrt{Q^2 / (2 M R \pi \epsilon_0)}$$

- 51.** Uma esfera oca, não condutora, tem um raio exterior b e um raio interior a . A carga total da esfera é Q e encontra-se uniformemente distribuída. Determine o potencial elétrico Φ a uma distância r do centro da esfera, se:
- a) $r > b$; (**R:** $K Q / r$)
 - b) $a < r < b$; (**R:** $K Q / (2r) (r^3 - 3b^2r + 2a^3) / (a^3 - b^3)$)
 - c) $r < a$. (**R:** $K Q 3/2 (a+b) / (a^2 + ab + b^2)$)
- Sugestão: Use os resultados do exercício 31.
- 52.** Considere duas esferas ocas, condutoras e concêntricas, uniformemente carregadas. As esferas têm raios r_1 e r_2 e cargas Q_1 e Q_2 , respectivamente ($r_1 < r_2$). Determine o potencial elétrico a uma distância r em relação ao centro das esferas, nos casos seguintes:
- a) $r > r_2$. (**R:** $K (Q_1 + Q_2) / r$)
 - b) $r_1 < r < r_2$; (**R:** $K Q_2 / r_2 + K Q_1 / r$)
 - c) $r < r_1$; (**R:** $K Q_2 / r_2 + K Q_1 / r_1$)
- Sugestão: use os resultados do exercício 32.

Capítulo VI – Corrente elétrica

- 53.** De quantos elétrons por segundo é constituída uma corrente de 0,7 A, que passa numa dada secção de um condutor? (**R:** $4,37 \cdot 10^8$ elétrons/s)
- 54.** Num dado condutor tem-se um fluxo de elétrons de 0,6 mol em 45 minutos. Determine a carga total que atravessa o condutor e a intensidade da corrente. (**R:** $5,8 \cdot 10^4$ C e 21,4 A)
- 55.** Um fio de cobre de secção 3 mm^2 transporta uma corrente de 5 A. Sabendo que a massa molar do cobre é 63,5 g/mol e que a densidade do cobre é 8920 kg/m^3 , determine a velocidade de deriva dos elétrons no fio. Assuma que cada átomo de cobre contribui com um elétron para a corrente. (**R:** $1,23 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$)
- 56.** Um fio condutor de secção reta circular, com um diâmetro não uniforme, transporta uma corrente de 5 A. Numa secção A_1 a área da secção é $0,4 \text{ cm}^2$.
- a) Determine a densidade de corrente em A_1 ; (**R:** $1,25 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$)
 - b) Se a densidade de corrente numa outra secção A_2 for um quarto da densidade de corrente em A_1 , qual é o raio do condutor em A_2 ? (**R:** 0,714 cm)
- 57.** Uma corrente elétrica é dada por $I(t) = I_0 \sin(\omega t)$, onde $I_0 = 100 \text{ A}$ e $\omega = 120\pi \text{ rad/s}$. Determine a carga total transportada pela corrente, no intervalo de tempo entre $t_i = 0 \text{ s}$ e $t_f = 1/240 \text{ s}$. (**R:** 0,265 C)
- 58.** Suponha que a corrente através de um condutor decresce exponencialmente no tempo, segundo a lei: $I(t) = I_0 e^{-t/\tau}$, onde I_0 e τ são constantes. Considerando uma secção fixa dentro do condutor:
- a) Que quantidade de carga passa por esta secção, entre $t = 0$ e $t = \tau$? (**R:** $0,632 I_0 \tau$)

- b) Que quantidade de carga passa por esta secção, entre $t = 0$ e $t = 10 \tau$? (**R:** $0,99995 I_0 \tau$)
 c) Que quantidade de carga passa por esta secção, entre $t = 0$ e $t = \infty$? (**R:** $I_0 \tau$)

Capítulo VII – Resistividade

59. Considere um fio de chumbo de raio 0,321 mm. Sendo a resistividade de chumbo igual a $2,20 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$:
 a) Calcule a resistência por unidade de comprimento; (**R:** $0,680 \Omega / \text{m}$)
 b) Determine a intensidade da corrente no fio, se uma diferença de potencial de 10 V for mantida através do fio, e se o fio tiver um comprimento $l = 1 \text{ m}$; (**R:** 14,7 A)
 c) Determine a intensidade do vetor densidade de corrente e do campo elétrico no fio, supondo que este transporta uma corrente de 2 A. (**R:** $6,18 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$ e $1,360 \text{ V/m}$)
60. Um fio de metal, de resistência R_0 e comprimento l_0 , é cortado em três segmentos iguais. Os segmentos são unidos, de modo a formar um novo fio de comprimento $l = l_0/3$. Determine a resistência R do novo fio em função de R_0 . (**R:** $1/9 R_0$)
61. Dois fios, um de cobre e outro de alumínio, têm o mesmo comprimento e a mesma resistência. Determine a razão dos seus raios através da razão entre as suas resistividades. (As resistividades de cobre e alumínio são, respetivamente, $1,68 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ e $2,65 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$). (**R:** 0,796)
62. Pretende-se fabricar um fio uniforme a partir de 1 g de cobre. Supondo que se utiliza todo o cobre disponível, e que o fio deve ter uma resistência de $0,5 \Omega$, determine qual deverá ser o comprimento e o diâmetro do fio. (A densidade de cobre é 8920 kg/m^3). (**R:** 1,827 m e $2,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}$)

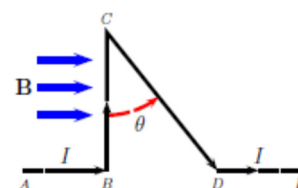
Capítulo VIII – Força de Lorentz Magnética

63. Considere uma carga q animada de uma velocidade \mathbf{v} numa região do espaço onde existe um campo magnético \mathbf{B} . Indique, para cada uma das situações seguintes, a direção e o sentido da força magnética \mathbf{F} , exercida sobre a carga, devido ao campo magnético, sendo que q , v e B são todos positivos:
 a) $\mathbf{v} = v \mathbf{e}_y$ e $\mathbf{B} = B \mathbf{e}_x$; (**R:** Sentido negativo do eixo dos Z)
 b) $\mathbf{v} = -(2)^{1/2}/2 (v \mathbf{e}_x + v \mathbf{e}_y)$ e $\mathbf{B} = B \mathbf{e}_x$; (**R:** Sentido positivo do eixo dos Z)
 c) $\mathbf{v} = -(2)^{1/2}/2 (v \mathbf{e}_x + v \mathbf{e}_y)$ e $\mathbf{B} = -B \mathbf{e}_z$. (**R:** no plano XY, faz um ângulo de -45° com o eixo dos X)
 Num sistema de eixos XYZ, desenhe, para cada caso, os vetores \mathbf{v} , \mathbf{B} e \mathbf{F} .

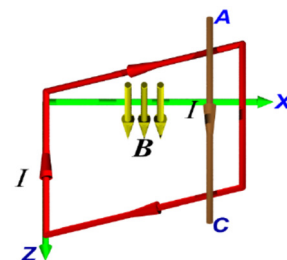
64. Um feixe de partículas de carga q , animadas de velocidade $\mathbf{v} = v \mathbf{e}_x$ ($v > 0$), entra numa região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme $\mathbf{E} = -E \mathbf{e}_y$, de intensidade $E = 80 \text{ kV/m}$. Perpendicular a \mathbf{E} e no sentido negativo do eixo Z existe um campo magnético uniforme e de intensidade $0,4 \text{ T}$. Qual deve ser o valor de v para as partículas não serem defletidas pela sobreposição daqueles dois campos? (**R:** $2 \cdot 10^5 \text{ m/s}$)
65. Um eletrão que se desloca ao longo do eixo X com velocidade $\mathbf{v} = v \mathbf{e}_x$ ($v > 0$) atravessa um campo magnético constante \mathbf{B} perpendicular a \mathbf{v} e sofre uma deflexão no sentido negativo do eixo Y . Determine a orientação do campo magnético \mathbf{B} . (**R:** Sentido negativo do eixo dos Z)
66. Um próton que se move a uma velocidade de $4 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ através de um campo magnético de $1,7 \text{ T}$, sofre uma força magnética de $8,2 \cdot 10^{-13} \text{ N}$. Determine o ângulo entre \mathbf{v} e \mathbf{B} . (**R:** $48,9^\circ$ ou $131,1^\circ$)
67. Um eletrão é acelerado, a partir do repouso, por uma diferença de potencial de 375 V , após o que entra numa região do espaço onde existe um campo magnético de intensidade 4 mT , perpendicular à sua velocidade inicial. Calcule o raio da trajetória circular do eletrão, a sua velocidade angular e o período do movimento. (**R:** $1,63 \text{ cm}$, $7,03 \cdot 10^9 \text{ rad/s}$ e $8,94 \cdot 10^{-9} \text{ s}$)
68. Um eletrão com uma velocidade de $5 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ entra numa região do espaço onde existe um campo magnético uniforme, de intensidade $B = 0,5 \text{ T}$, e perpendicular à velocidade do eletrão. Determine a intensidade da força magnética, F , que actua sobre o eletrão e o raio R da circunferência descrita. (**R:** $4,00 \cdot 10^{-13} \text{ N}$ e $57 \mu\text{m}$).
69. Um ião monovalente executa cinco revoluções em $1,5 \text{ ms}$, num campo magnético uniforme de magnitude $B = 5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$. Determine a massa m do ião. (**R:** $3,82 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$)
70. Um ião monovalente, de massa m , que é acelerado do repouso por uma diferença de potencial $\Delta\Phi$ executa um semicírculo de raio R quando sujeito a um campo magnético uniforme perpendicular à sua velocidade. Por sua vez, um outro ião, bivalente, de massa m_0 , que é também acelerado a partir do repouso, pela mesma diferença de potencial, executa um semicírculo de raio $R_0 = 2R$ quando sujeito ao mesmo campo magnético. Determine a razão das massas dos dois iões. (**R:** 8).

Capítulo VIII – Força magnética sobre uma corrente elétrica

71. Determine a força magnética exercida em cada segmento do fio condutor da figura ao lado. Considere que $B = 0,15 \text{ T}$, $I = 5 \text{ A}$, $l_{BC} = 16 \text{ cm}$, $\theta = 35^\circ$. (**R:** 0 ; $0,12 \text{ N}$; $0,12 \text{ N}$; 0)

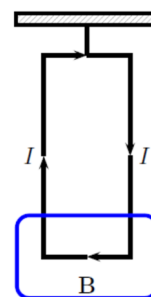


72. Considere o sistema indicado na figura ao lado. A barra AC tem uma massa de 50 g e pode deslizar livremente ao longo de dois fios metálicos paralelos que estão afastados entre si de 40 cm e fazem um ângulo de 37° com o plano XZ. A corrente I flui através desses fios e da barra. Existe um campo magnético $B = 0,2$ T na direção $-Y$. Determine o valor que a corrente, I , deve tomar para que a barra permaneça imóvel (despreze o atrito e uma pequena torção na barra). (R: 4,6 A)



73. Um fio de comprimento $L = 2,8$ m transporta uma corrente de 5 A numa região onde um campo magnético uniforme tem uma magnitude de 0,39 T. Calcule a intensidade da força magnética F sobre o fio, se o ângulo entre o campo magnético e a corrente for de:
- 60° ; (R: 4,7 N)
 - 90° ; (R: 5,5 N)
 - 120° . (R: 4,7 N)

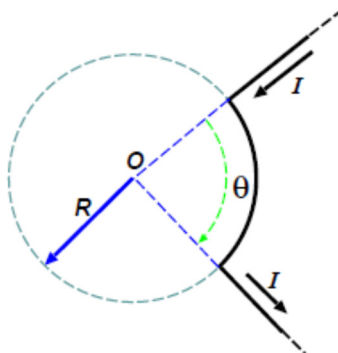
74. Um fio com uma massa por unidade de comprimento de 0,5 g/cm assenta no plano XZ e transporta uma corrente de 2 A, no sentido positivo do eixo Z. Determine a direção, sentido e magnitude mínima do campo magnético B necessário para levantar este fio no sentido positivo do eixo Y. (R: 0,25 T no sentido positivo do eixo X)



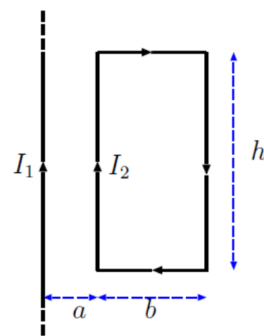
75. Um circuito rectangular, com dimensões $10\text{ cm} \times 20\text{ cm}$, está suspenso por um fio inextensível e de massa desprezável, como indicado na figura ao lado. A secção horizontal inferior do circuito está imersa num campo magnético uniforme B , para dentro do plano do circuito. Se uma corrente de 3 A percorrer o circuito, no sentido indicado, determine a intensidade do campo magnético necessária para produzir uma tensão de $4 \cdot 10^{-2}$ N no fio. (R: 0,133 T)

Capítulo VIII – Força entre correntes; Lei de Bio-Savart

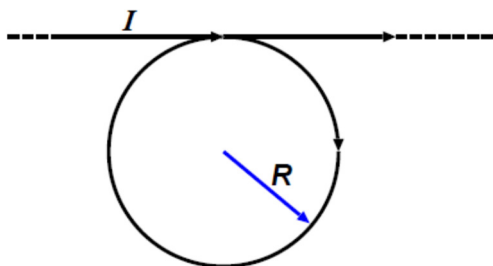
76. Calcule o campo magnético no ponto O, para o segmento condutor indicado na figura abaixo. O fio consiste em duas secções retas e um arco circular de raio R e de comprimento $R\theta$ (com θ expresso em radianos). (R: $\mu_0 I \theta / 4\pi R$)



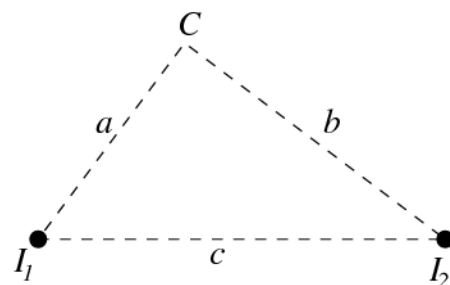
77. Um fio condutor, percorrido por uma corrente $I_1 = 30$ A, e um circuito retangular, percorrido por uma corrente $I_2 = 20$ A, situam-se no mesmo plano, como indicado na figura ao lado. Determine a força resultante, que atua sobre o circuito devida à corrente I_1 , sabendo que $a = 1$ cm, $b = 8$ cm e $h = 30$ cm. (**R:** $3,2 \cdot 10^{-3}$ N, da direita para a esquerda)



78. Um condutor consiste num anel circular de raio R e duas secções retas infinitas como mostra a figura à esquerda. O condutor assenta no plano da folha de papel e transporta uma corrente I . Determine o campo magnético \mathbf{B} , no centro do anel, resultante da passagem de corrente. (**R:** $\mu_0 I / 2 R (1 + 1/\pi)$, para dentro do plano do círculo)



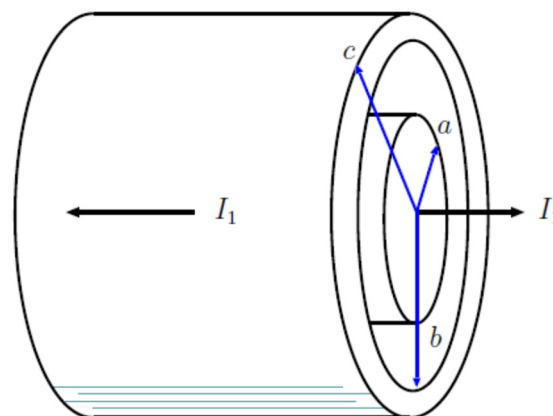
79. Calcule a intensidade do campo magnético no ponto C, B_C , produzido pelas duas correntes I_1 e I_2 da figura à direita. Considere $I_1 = 5$ A, $I_2 = 10$ A, $a = 3$ cm, $b = 4$ cm e $c = 5$ cm. (**R:** $6,01 \cdot 10^{-5}$ T)



Capítulo IX – Lei de Ampère

80. No cabo coaxial representado na figura ao lado, um fio, de raio a , transporta uma corrente I_1 , estacionária e uniforme, ao longo do eixo de um tubo metálico, com raio interno b e raio externo c . O tubo metálico transporta uma corrente estacionária e uniforme, também de intensidade I_1 , no sentido oposto à corrente transportada pelo fio interior. Determine a intensidade do campo magnético para:

- $r < a$; (**R:** $\mu_0 I_1 r / 2\pi a^2$)
- $a < r < b$; (**R:** $\mu_0 I_1 / 2\pi r$)
- $b < r < c$; (**R:** $\mu_0 I_1 / 2\pi r (c^2 - r^2) / (c^2 - b^2)$)
- $r > c$. (**R:** 0)



81. Um cilindro condutor, oco, de raio interno b e raio externo c , transporta uma corrente I , estacionária. Determine a intensidade do campo \mathbf{B} magnético para:
- $b < r < c$; (**R:** $\mu_0 I / 2\pi r (r^2 - b^2) / (c^2 - b^2)$)
 - $r > c$. (**R:** $\mu_0 I / 2\pi r$)

- 82.** Nióbio metálico torna-se supercondutor quando arrefecido abaixo de 9 K. Se a supercondutividade for destruída quando o campo magnético superficial excede 0,1 T, determine a corrente máxima, I_{max} , que um fio de nióbio de 2 mm de diâmetro pode transportar, permanecendo supercondutor. (**R:** 500 A)
- 83.** Um conjunto de 100 fios condutores retilíneos e longos formam um cilindro de raio $R = 0,5$ cm.
- a) Se cada fio transportar uma corrente de 2 A, caracterize a força magnética por unidade de comprimento que atua num fio situado a 0,2 cm do eixo do cilindro; (**R:** $6,4 \cdot 10^{-3}$ N, radial, dirigida para o centro)
 - b) Um fio à superfície do cilindro sofre uma força maior ou menor do que a calculada na alínea a)? (**R:** 2,5 vezes maior)
- 84.** Considere dois fios condutores, paralelos entre si e ao eixo X. Os fios estão separados por uma distância $2a$ ao longo do eixo Y e transportam uma corrente I no sentido negativo do eixo X.
- a) Desenhe as linhas do campo magnético no plano Y Z;
 - b) A que distância d , ao longo do eixo Z, toma o campo magnético um valor máximo? (**R:** $d=a$)