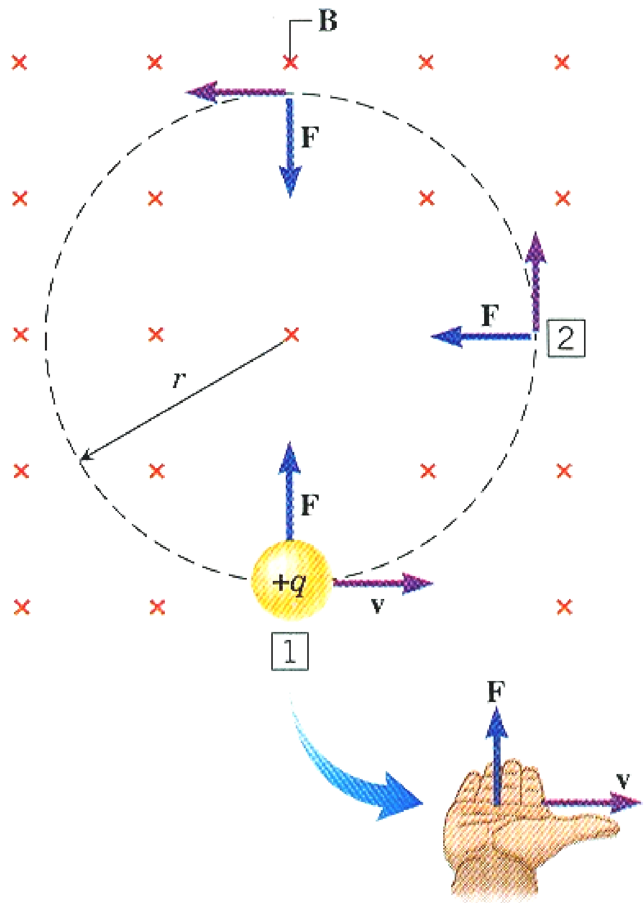
Exercícios Teórico-Práticos

de

ELETROMAGNETISMO A

MIECom

2º Semestre



DOCENTE: Carlos Tavares
Departamento de Física
Universidade do Minho
Campus de Azurém
4800-058 Guimarães

CAPÍTULO 1 - CAMPOS ELÉCTRICOS

1.1. Considerem-se três cargas pontuais colocadas nos vértices de um triângulo (fig. 1), com $q_1 = q_3 = 5$ μC, $q_2 = -2$ μC (1 μC = 10^{-6} C) e $a = 0.1$ m. Achar a força resultante sobre q_3.

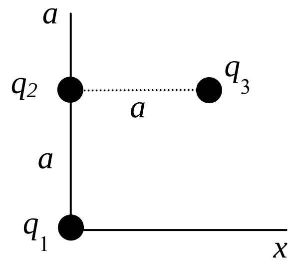


Figura 1

1.2. Uma carga $q_1 = 7$ μC está localizada na origem e uma segunda carga $q_2 = -5$ μC situa-se no eixo dos x, a 0,3 m da origem. Achar o campo elétrico no ponto P com as coordenadas (0, 0.4) m.

1.3. Um dipolo elétrico é constituído por uma carga positiva q e por uma carga negativa $-q$ separadas da distância $2a$, como mostra a fig. 2. Achar o campo elétrico, $\boldsymbol{E}$, dessas cargas, sobre o eixo dos yy, no ponto P, que está à distância y da origem. Admitir que $y >> a$.

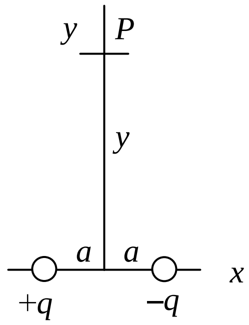


Figura 2

1.4. Três cargas estão sobre o eixo dos xx, como ilustrado na fig. 3. A carga positiva $q_1 = 15$ μC está em $x = 2$ m, e a carga positiva $q_2 = 6$ μC está na origem. Onde deverá ser colocada uma carga negativa q_3, a fim de que a força resultante sobre essa carga seja nula?

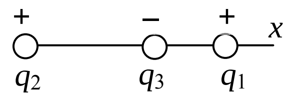
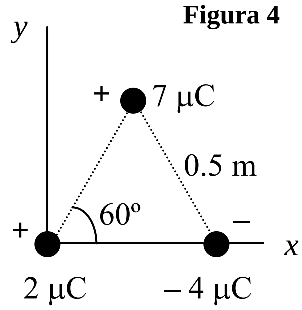


Figura 3

1.5. Um bastão, com o comprimento l, tem uma carga positiva uniforme λ por unidade de comprimento e uma carga total Q. Calcular o campo elétrico num ponto P sobre o eixo do bastão, a uma distância d de uma das extremidades.

1.6. Um anel de raio a tem uma carga positiva uniforme, por unidade de comprimento, e carga total Q. Calcular o campo elétrico sobre o eixo do anel, num ponto P que está à distancia x do centro do anel.

Figura 4



1.7. Três cargas pontuais, de 2 μC, 7 μC e -4 μC, estão situadas nos vértices de um triângulo equilátero, como mostra a fig. 4. Calcular a força resultante sobre a carga de 7 μC.

1.8. a) Numa nuvem de tempestade, a carga eléctrica no topo da nuvem pode ser +40 C, e na base da nuvem cerca de –40 C. Essas cargas podem estar separadas por cerca de 2 km. Qual é a força eléctrica entre os dois conjuntos de cargas?

b) Um avião voa através de uma nuvem de tempestade, à altura de 2000 m (Esse é um voo perigoso, em virtude das correntes ascendentes, da turbulência e da possibilidade de descarga eléctrica). Se houver uma concentração de carga de +40 C à altura de 3000 m, dentro da nuvem, e de –40 C, à altura de 1000 m, qual é o campo eléctrico **E** na região onde se encontra o avião?

1.9. Duas cargas pontuais iguais, cada qual de 2,0 μC, estão sobre o eixo dos *xx*. Uma delas está em $x = 1,0$ m, e a outra em $x = -1,0$ m.

a) Determinar o campo eléctrico no eixo dos *y*, em $y = 0,5$ m.

b) Calcular a força eléctrica sobre uma terceira carga, de –3,0 μC, colocada no eixo dos *y*, em $y = 0,5$ m

1.10. Três cargas positivas, iguais, q, estão nos vértices de um triângulo equilátero de lados *a*, conforme a fig. 5.

a) Em que ponto do plano das cargas (diferente de ∞), o campo eléctrico é nulo?

b) Qual é o módulo e a direcção do campo eléctrico no ponto *P*, devido às duas cargas que estão na base do triângulo

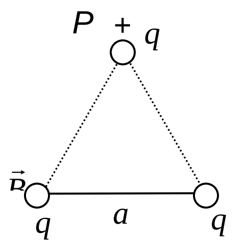


Figura 5

1.11. Três cargas encontram-se nos vértices de um triângulo equilátero (fig. 6). Calcular a intensidade do campo eléctrico na posição da carga de 2 μC, devido às cargas de 7 μC e de –4 μC.

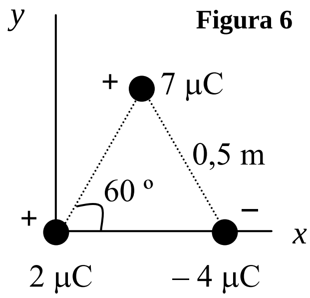


Figura 6

1.12. Uma carga eléctrica de –4 μC está na origem e outra carga, de –5 μC, está no eixo dos *yy*, em que $y = 2,0$ m. Em que ponto, sobre o eixo dos *y*, o campo eléctrico é nulo.

1.13. Um electrão, com a velocidade de 3×10^6 m/s, move-se num campo eléctrico uniforme de 1000 N/C. O campo é paralelo à velocidade do electrão e actua de modo a diminuir a sua velocidade. Que distância percorrerá o electrão antes de atingir o repouso?

1.14. Um protão é acelerado, a partir do repouso, num campo eléctrico uniforme de 640 N/C. Em certo instante, mais tarde, a sua velocidade é $1{,}20\times10^6$ m/s (não relativista, pois **v** é muito menor do que a velocidade da luz).

a) Achar a aceleração do protão.

b) Quanto tempo levará o protão para atingir essa velocidade?

c) Qual será a distância percorrida, nesse intervalo de tempo?

d) Qual é a sua energia cinética, nesse instante?

1.15. Um electrão entra numa região onde há um campo elétrico uniforme, E = 200 N/C, com uma velocidade $v_0 = 3\times10^6$ m/s (fig. 7). A largura das placas é l = 0,1 m.

a) Achar a aceleração do eletrão enquanto estiver no campo elétrico.

b) Achar o tempo que o eletrão gasta para atravessar a região do campo elétrico.

c) Qual é o deslocamento vertical y, do eletrão, no campo elétrico?

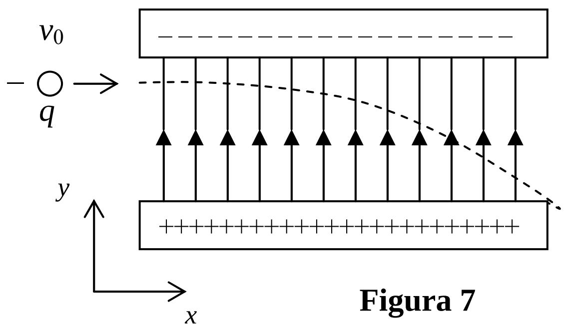


Figura 7

1.16. Um protão orbita em torno da superfície de uma esfera de raio 1 cm com uma velocidade de $3\text{x}10^5$ m/s. Nestas condições, calcule a carga dentro da esfera. ($m_{protão}=1{,}67\text{x}10^{-27}$ kg; $q_{protão}=1{,}6\text{x}10^{-19}$ C).

CAPÍTULO 2 - LEI DE GAUSS

2.1. Considere um prisma triangular num campo elétrico horizontal E = $7{,}8\times10^4$ N/C, como mostra a fig. 1. Calcular o fluxo elétrico através:

a) da face vertical à esquerda (*A´*);
b) da face superior inclinada (*A*);
c) de toda a superfície prismática.

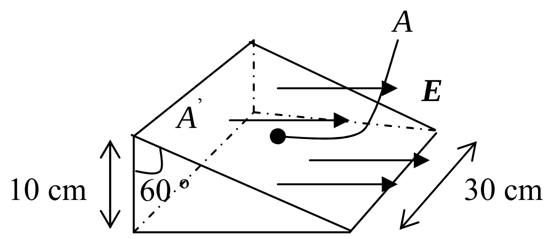


Figura 1

2.2. Uma casca metálica esférica, delgada, de raio *a*, tem uma carga total *Q* distribuída uniformemente sobre a sua superfície (fig. 2). Achar o campo eléctrico nos pontos do interior e do exterior da casca.

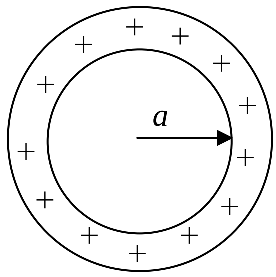


Figura 2

2.3. Uma esfera condutora maciça, de raio *a*, tem uma carga positiva líquida 2*Q* (fig. 3). Uma casca condutora esférica, de raio interno *b* e raio externo *c*, é concêntrica a essa esfera maciça e tem a carga líquida –*Q*. Usando a lei de Gauss, achar o campo elétrico nas regiões identificadas por 1, 2, 3 e 4, e também a distribuição de cargas na casca esférica.

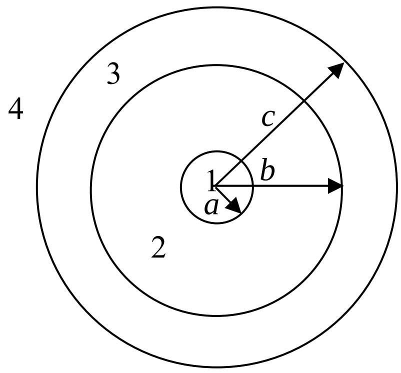


Figura 3

2.4. Considere uma distribuição de cargas, comprida (finita) e cilíndrica, isolada, com raio *R*, com uma densidade de carga uniforme ρ. Achar o campo elétrico à distância *r* do eixo, com *r* < *R*.

2.5. Uma barra metálica retilínea, comprida, tem de raio 5 cm e 30 nC/m de carga por unidade de comprimento. Achar o campo elétrico às seguintes distâncias em relação ao eixo da vara: a) 3 cm

b) 10 cm

c) 100 cm.

2.6. Sabe-se experimentalmente que o campo eléctrico na atmosfera da Terra é vertical e aponta para o seu centro. A uma altitude de 200 m o campo é de 60 N/C, enquanto a 300 m é de 100 N/C. Utilizando a lei de Gauss, determine a quantidade de carga contida num cubo imaginário com uma aresta de 100 m e com faces horizontais às altitudes de 200 e 300 m. Despreze a curvatura da Terra.

2.7. Uma esfera condutora com um raio de 10 cm tem uma quantidade carga indeterminada. Determine a quantidade de carga dentro da esfera quando o campo eléctrico a 15 cm do seu centro for de 3000 N/C, estando dirigido radialmente para o centro da esfera.

2.8. Uma carga pontual origina um fluxo líquido de -750 Nm^2/C através de uma superfície gaussiana esférica de 10 cm de raio. Nestas condições:

a) Caso o raio da superfície gaussiana duplicasse como variaria o fluxo líquido através dessa superfície?

b) Qual o valor da carga contida nessa superfície?

2.9. Uma pirâmide recta, com base quadrada de 6 m de lado e altura de 4 m, está situada num campo eléctrico vertical de 52 N/C. Calcular o fluxo eléctrico total através das quatro faces oblíquas da pirâmide.

2.10. Uma esfera condutora de 1,2 cm de diâmetro tem uma densidade de carga de superfície σ=8,1 $\mu C/m^2$. Determine:

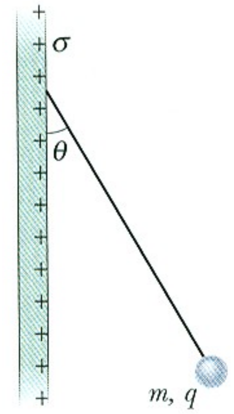
a) a quantidade de carga dentro da esfera.

b) o fluxo que atravessa a superfície da esfera para o exterior.

c) o campo eléctrico a 5 cm do centro da esfera.

2.11. Uma bola pequena e isolante está suspensa em equilíbrio por um fio de massa desprezável e isolante que se encontra preso a uma parede muito comprida e isolante, carregada uniformemente com carga positiva, conforme a fig. 4. Sabendo que a bola tem uma massa de m=1 mg e uma carga q=2x10^{-8} C, que o fio faz um ângulo θ=30º com a parede e tendo em conta a força gravitacional na bola, determine a densidade de carga de superfície na parede.

Figura 4



2.12. Uma barra infinita de carga produz um campo eléctrico de 45000 N/C a uma distância de 2 m. Determine a densidade linear de carga na barra.

2.13. Dois cilindros longos e concêntricos, carregados, têm raios de 3 cm e 6 cm. Pressupondo que o cilindro externo é oco e que tem uma densidade de carga linear de $-7x10^{-6}$ C/m, enquanto o cilindro interno é maciço e tem uma densidade de carga linear de $5x10^{-6}$ C/m, calcule o campo eléctrico a:

a) r=4 cm;

b) r=8 cm;

c) r=2 cm.

2.14. Determine o fluxo eléctrico através de cada uma das superfícies (a), (b) e (c), da fig. 5 bem como através da superfície total. Tenha em conta que $q=8{,}85x10^{-12}$ C.

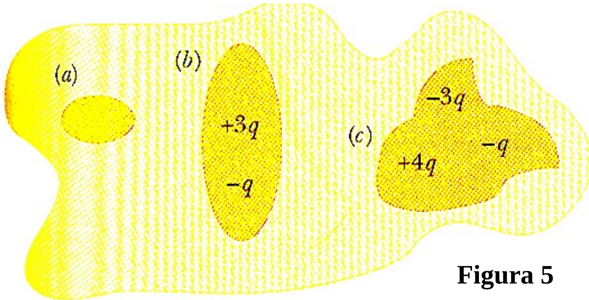


Figura 5

2.15. Um cilindro condutor muito longo, de comprimento L, e com uma carga total +q, encontra-se envolvido por outro cilindro condutor na forma de uma casca, que por sua vez tem uma carga total -2q; conforme a fig. 6. Desprezando os efeitos das extremidades, utilizando a lei de Gauss, determine:

a) o campo eléctrico fora da casca condutora;

b) a distribuição de carga na casca;

c) o campo eléctrico na região entre os cilindros.

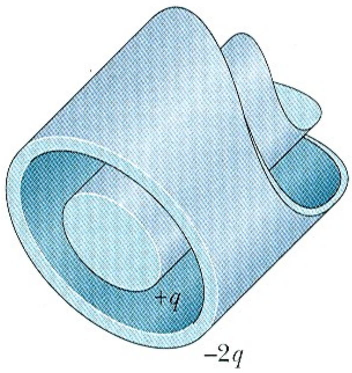


Figura 6

2.16. Um campo eléctrico, de intensidade $3{,}5\times10^{3}$ N/C, é paralelo ao eixo dos *x*. Calcular o fluxo do campo eléctrico através de um rectângulo, com 0,35 m de largura e 0,70 m de comprimento, quando:

a) o rectângulo for paralelo ao plano *yz*

b) o rectângulo for paralelo ao plano *xy*

c) o rectângulo contiver o eixo dos *y* e a sua normal fizer um ângulo de 40° com *xx'*.

2.17. Uma esfera condutora maciça, de raio 2 cm, tem uma carga positiva de +8 μC. Uma casca esférica condutora, com raio interno de 4 cm e externo de 5 cm é concêntrica a essa esfera e tem um excesso de carga de -4 μC. Achar o campo eléctrico em pontos às seguintes distâncias do centro dessa configuração de cargas:

a) r = 1 cm b) r = 3 cm c) r = 4.5 cm d) r = 7 cm.

CAPÍTULO 3 - POTENCIAL ELÉTRICO

3.1. Um protão é libertado do repouso num campo elétrico uniforme de 8×10^4 V/m paralelo ao eixo dos *xx* positivos (fig. 1). O protão desloca-se 0,5 m na direção do campo ***E*** **(**$m_p = 1{,}67\times10^{-27}$ kg**)**.

a) Achar a variação do potencial elétrico entre os pontos A e B.

b) Achar a variação da energia potencial do protão nesse deslocamento.

c) Achar a velocidade do protão depois de ter percorrido, a partir do repouso, a distância de 0,5 m.

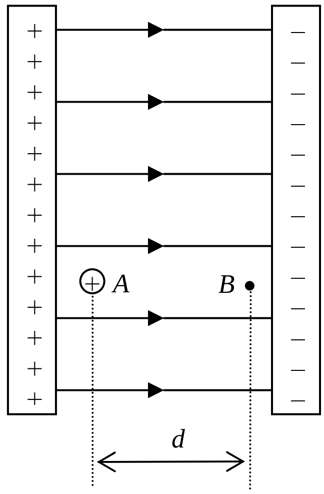


Figura 1

3.2. Uma carga pontual de 5 μC está localizada na origem e uma segunda carga pontual de –2 μC está sobre o eixo dos *xx*, na posição (3, 0) m (fig. 2).

a) Se o potencial for nulo no infinito, achar o potencial elétrico no ponto P, de coordenadas (0, 4) m, devido às duas cargas (Fig.2).

b) Qual é o trabalho necessário para trazer uma terceira carga pontual de 4 μC, do infinito até o ponto P (Fig.3)?

c) Achar a energia potencial eléctrica do sistema das três cargas com a configuração da fig. 3.

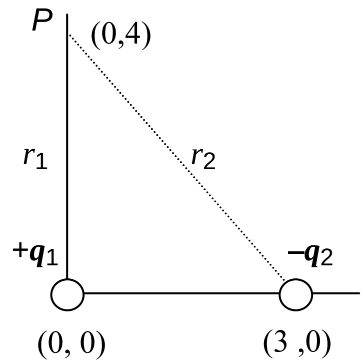


Figura 2

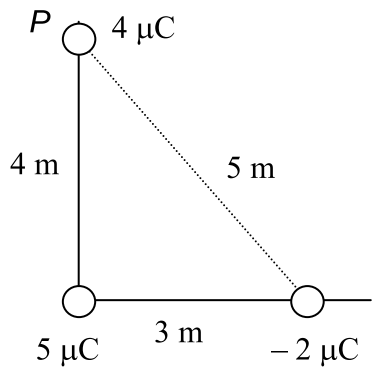


Figura 3

3.3. Achar o potencial elétrico no ponto P (fig. 4) sobre o eixo de um anel uniformemente carregado, de raio *a* e carga total *Q*. O plano do anel é perpendicular ao eixo dos *xx*. Achar também o campo elétrico em P. Qual é o potencial elétrico no centro do anel uniformemente carregado? Como é que o valor do campo elétrico no centro do anel está relacionado com este resultado?

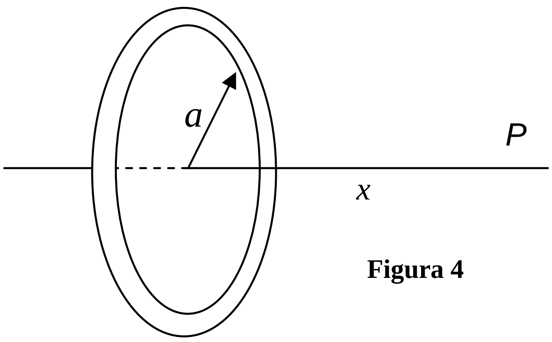


Figura 4

3.4. Achar o potencial eléctrico sobre o eixo de um disco uniformemente carregado, com raio e carga por unidade de área igual a σ.

3.5. Um bastão de comprimento *l*, localizado sobre o eixo dos *xx*, está carregado uniformemente e tem carga total *Q*. Achar o potencial elétrico num ponto P sobre o eixo dos *yy*, a uma distância *d* da origem (fig. 5).

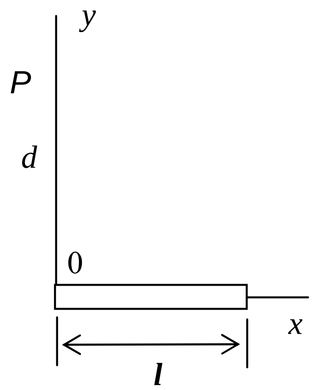


Figura 5

3.6. Uma esfera isoladora, maciça, de raio *R*, tem uma densidade de carga positiva e uniforme, e carga total *Q*.

a) Achar o potencial elétrico num ponto fora da esfera ($r > R$). Tomar como nulo o potencial em $r = \infty$.

b) Achar o potencial num ponto no interior da esfera carregada ($r < R$).

c) Qual é o campo elétrico no centro de uma esfera uniformemente carregada? Qual é o potencial elétrico nesse ponto?

3.7. Usar a função potencial de uma carga pontual *q* para deduzir o campo elétrico a uma distância *r* da carga.

3.8. Um dipolo elétrico é constituído por duas cargas iguais e opostas, separadas pela distância 2*a* (fig. 6). Calcular o potencial elétrico e o campo elétrico no ponto P sobre o eixo dos *xx*, a uma distância *x* do centro do dipolo.

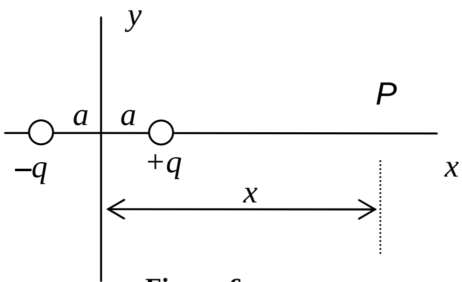


Figura 6

3.9. Um electrão, que se desloca paralelamente ao eixo dos *xx*, tem uma velocidade inicial de $3{,}7\times10^6$ m/s quando passa pela origem. A velocidade do electrão é reduzida para $1{,}4\times10^5$ m/s no ponto $x = 2$ cm. Calcular a diferença de potencial entre a origem e o ponto $x = 2$ cm. Qual dos dois pontos está a um potencial mais elevado?

3.10. Um positrão possui a mesma carga de um protão, mas a sua massa é a de um electrão. Suponha que um positrão percorre uma distância de 5,2 cm na direcção de um campo eléctrico uniforme de 480 V/m.

a) Qual é a energia potencial que o positrão ganha ou perde?

b) Que energia cinética o positrão ganha ou perde?

3.11. A uma distância r de uma carga pontual q, o potencial eléctrico é V = 400 V, e o módulo do campo eléctrico é E = 150 N/C. Determinar o valor de q e o de r.

3.12. São colocadas duas cargas de 2 μC, conforme mostra a fig. 7, e uma carga de prova positiva $q = 1{,}28\times10^{-18}$ C, na origem.

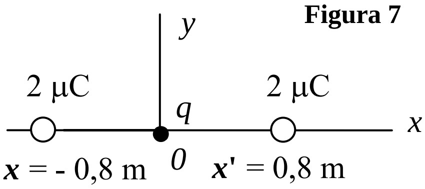


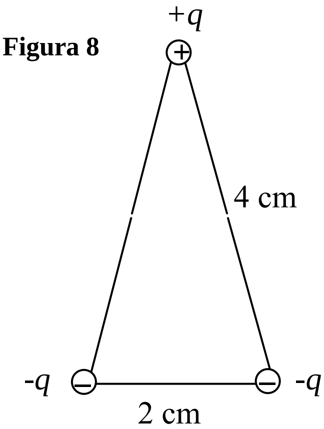
Figura 7

a) Qual é a força líquida exercida sobre q pelas duas cargas de 2 μC?

b) Qual é o campo **E** das duas cargas de 2 μC, na origem?

c) Qual é o potencial V provocado pelas duas cargas de 2μC, na origem?

3.13. As três cargas da fig. 8 estão nos vértices de um triângulo isósceles. Calcular o potencial eléctrico no ponto médio da base, fazendo q = 7 μC.

Figura 8


3.14. Calcular a energia necessária para montar a configuração de cargas que aparece na fig. 9, com a = 0,20 m, b = 0,40 m, e q = 6 μC.

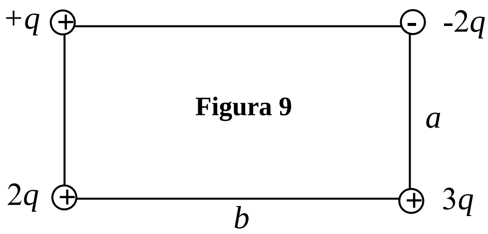


Figura 9

3.15. Um bastão, de comprimento L (fig. 10), está sobre o eixo dos xx e a sua extremidade da esquerda está na origem. A densidade de carga não é uniforme e é dada por $\lambda = \alpha x$ (onde α é uma constante positiva).

a) Quais são as unidades da constante α?

b) Calcular o potencial eléctrico no ponto A, a uma distância d da extremidade esquerda do bastão.

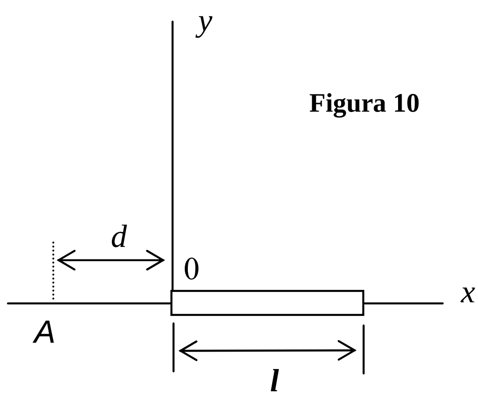


Figura 10

3.16. Calcular o potencial eléctrico no ponto P do eixo da coroa circular que aparece na fig. 11, que tem a densidade de carga uniforme σ e os raios interno e externo a e b, respetivamente.

3.17. Um bloco de 4,00 kg de massa (m) e com uma carga (Q) 50,0 μC está ligado a uma mola com uma constante elástica (k) de 100 N/m. O bloco encontra-se sobre uma superfície lisa sem atrito e o sistema é imerso num campo elétrico uniforme (E) com uma magnitude de 5×10^5 V/m, dirigido de acordo com a Figura 6 a lado.

a) Se o bloco é libertado do repouso quando a mola se encontra indeformada (em x=0), qual será a elongação máxima da mola?

b) Qual será a posição de equilíbrio do bloco?

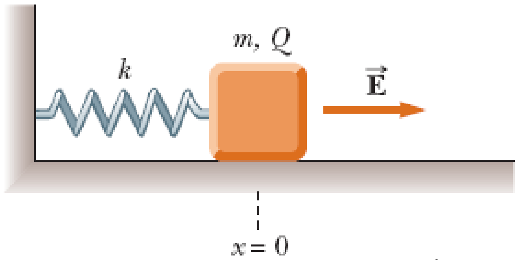


Figura 6

3.18. Um condutor esférico tem um raio de 14 cm e uma carga de +26 μC. Calcular o campo eléctrico e o potencial eléctrico existentes às seguintes distâncias, r, do centro desse condutor:

a) r = 10 cm b) r = 20 cm c) r = 14 cm.

3.19. Um condutor, em forma de ovo, tem uma carga de +43 nC na superfície. A área superficial total do condutor é de 38 cm^2.

a) Qual é a densidade de carga superficial média?

b) Qual é o campo eléctrico no interior do condutor?

c) Qual é o campo eléctrico (médio) na face externa da superfície do condutor?

3.20. Dois condutores esféricos, de raios r_1 e r_2 estão separados por uma distância muito maior que o raio de qualquer das esferas. As esferas estão ligadas por um fio condutor, como mostra a fig. 12. Se as cargas nas esferas em equilíbrio forem q_1 e q_2, respectivamente, achar a razão entre os campos eléctricos na superfície das esferas.

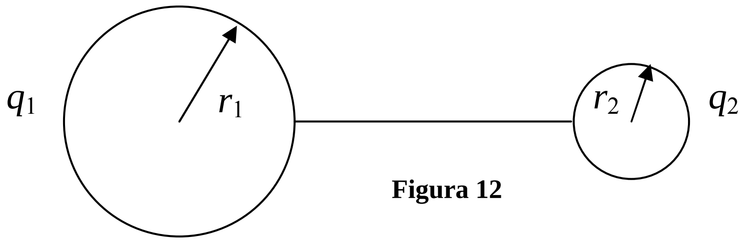


Figura 12

CAPÍTULO 4 - CAPACIDADE E DIELÉTRICOS

4.1. Uma esfera condutora, carregada, isolada, com raio de 12 cm, origina um campo elétrico de $4{,}9\times10^4$ N/C a 21 cm de distância do seu centro.

a) Qual é a densidade de carga superficial?

b) Qual é a sua capacidade?

4.2. a) Determinar a capacidade equivalente do circuito de condensadores da fig. 1.

b) Se esse circuito for ligado a uma bateria de 12 V, calcular a diferença de potencial em cada condensador e a carga em cada condensador.

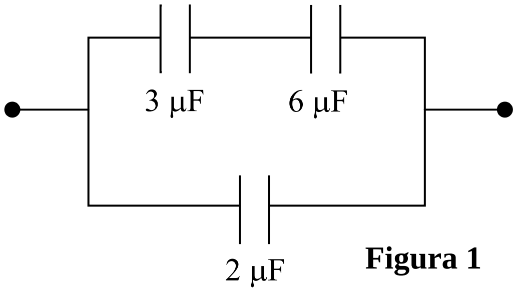


Figura 1

4.3. Um condutor cilíndrico, de raio *a* e carga +*Q*, é coaxial a uma casca cilíndrica maior, com raio *b* e carga –*Q*. Achar a capacidade desse condensador cilíndrico, sendo o seu comprimento *l*.

4.4. Um condensador esférico é constituído por uma casca esférica, de raio *b* e carga –*Q*, concêntrica com uma esfera condutora menor, de raio *a* e carga +*Q*. Achar a capacidade desse condensador.

4.5. Achar a capacidade equivalente entre *a* e *b*, no circuito de condensadores que aparece na fig. 2. Os números são as capacidades dos condensadores, em μF.

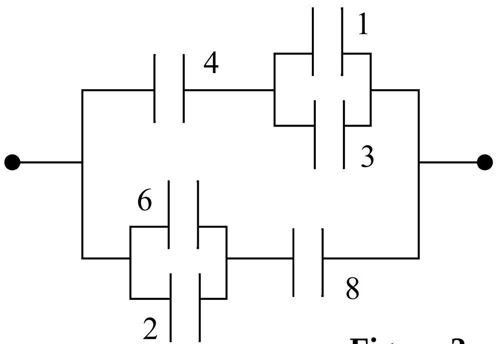


Figura 2

4.6. Um condensador de placas paralelas tem como dimensões 2 cm × 3 cm. As placas estão separadas por uma folha de papel de 1 mm de espessura ($\kappa = 3{,}7$ e $E_{max}=16\times10^6$ V/m para o papel).

a) Achar a capacidade desse dispositivo.

b) Qual é a carga máxima que pode ser colocada no condensador.

c) Qual é a energia máxima que pode ser armazenada no condensador.

4.7. Um condensador de placas paralelas tem separação entre as placas igual a d e área das placas igual a A. Uma chapa metálica descarregada, de espessura a, é inserida no meio das placas, como mostra a fig. 5. Achar a capacidade dessa montagem.

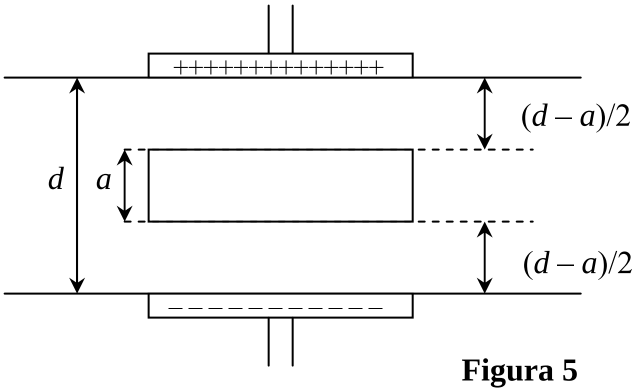


Figura 5

4.8. Um condensador de placas paralelas tem uma área de 2 cm^2 e uma separação entre placas de 1 mm.

a) Determine a capacidade do condensador.
b) Determine a quantidade de carga acumulada sobre a placa positiva se o condensador estiver ligado a uma bateria de 3 V.
c) Calcule a densidade de carga sobre a placa positiva, assumindo que é uniforme.
d) Determine a magnitude do campo elétrico entre as placas.

4.9 Calcule a carga em cada um dos condensadores da Figura 6.

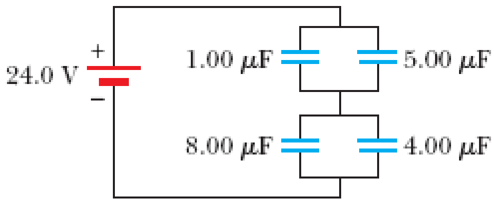


Figura 6

4.10. Os condensadores C_1 e C_2 têm capacidades 1 μF e 3 μF, respetivamente, tendo ambos um potencial de 100 V, com a polaridade indicada na Figura 7. Caso se fechem os interruptores S_1 e S_2, qual será:

a) A diferença de potencial entre a e b?
b) a carga em cada condensador?

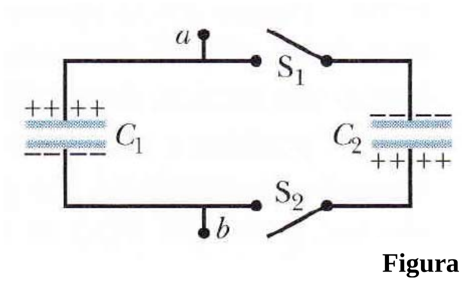


Figura 8

CAPÍTULO 5 - CORRENTES E RESISTÊNCIA

5.1. Um fio de cobre, com área de secção reta 3×10^{-6} m^2, é percorrido por uma corrente de 10 A. Achar a velocidade de deriva dos eletrões no fio. A densidade do cobre é 8,95 g/cm^3. A massa atómica do cobre é 63,5 g/mol. Um átomo-grama de um elemento contém $6{,}02\times10^{23}$ átomos.

5.2. Calcular a resistência de um condutor de alumínio, com 10 cm de comprimento e área da secção recta de 10^{-4} m^2. Repetir o cálculo para um bastão de vidro, com as mesmas dimensões e com resistividade de 10^{10} Ωm.

5.3. a) Calcular a resistência, por unidade de comprimento, de um fio de nicrome (Ni-Cr), calibre 22, com raio de 0,321 mm. Resistividade do nicrome: $1{,}5\times10^{-6}$ Ωm.

b) Mantendo-se uma diferença de potencial de 10 V entre as extremidades num metro desse fio de nicrome, que corrente passará pelo fio?

c) Qual a resistência de 6 m de um fio de nicrome, calibre 22? Que corrente conduzirá quando ligado a uma fonte de 120 V?

d) Calcular a densidade de corrente e o campo elétrico no fio, admitindo que a corrente conduzida seja de 2,2 A.

5.4. Um termómetro de resistência de platina, tem a resistência de 50 Ω a 20 ºC. Quando imerso num vaso com índio fundido, a sua resistência aumenta para 76,8 Ω. Usando essa informação, achar o ponto de fusão do índio. Para a platina, $\alpha = 3{,}92\times10^{-3}$ C^{-1}.

5.5. Uma certa quantidade de carga q passa através de uma área superficial de 2 cm^2 e varia com o tempo conforme $q(t) = 4t^3 + 5t + 6$, em que t está em s.

a) Qual é a corrente instantânea através da superfície, em $t = 0$ e $t = 1{,}0$ s?

b) Qual é o valor da densidade de corrente para $t = 1{,}0$ s?

5.6. Um aquecedor elétrico opera mediante a aplicação de uma diferença de potencial de 110 V a um fio de nicrome cuja resistência é 8 Ω. Achar a corrente que percorre o fio e a potência nominal do aquecedor.

5.7. Uma lâmpada tem 120 V/75 W. Isso quer dizer que a voltagem de operação é de 120 V, e a potência nominal de 75 W. A lâmpada é alimentada por uma fonte de potência de 120 V, em corrente contínua.

a) Achar a corrente na lâmpada e a sua resistência.

b) Qual seria a resistência de uma lâmpada de 120 V e 100 W.

5.8. Um condutor, de raio uniforme (r = 1,2 cm) conduz uma corrente de 300 A, provocada por um campo eléctrico de 120 V/m. Qual é a resistividade do material do condutor?

5.9. Um fio de Ni-Cr com uma resistividade de $2,3\times10^{-8}$ Ωm tem um diâmetro de 1,024 mm. Calcule a resistência para 15 m desse fio a 20 °C.

5.10. Suponha que queria fabricar um fio uniforme a partir de 1 g de cobre. Se a resistência do fio tiver que ser R = 0,5 Ω, e se todo o cobre tiver que ser usado, qual será:

a) o comprimento do fio

b) o diâmetro do fio

Nota: a densidade do cobre é de 8,95 g/cm^3; a massa de 1 mole de átomos de cobre é de 65,54 g; a resistividade do cobre a 20 ºC é de $1,7\times10^{-8}$ Ωm.

5.11. Um fio de cobre possui um diâmetro nominal igual a 1,02 mm. Este fio encontra-se ligado a uma lâmpada de 200W e conduz uma corrente de 1,67A. Sendo a densidade de electrões livres no fio de $8,5\times10^{28}$ m^{-3}, calcule:

a) a resistência eléctrica do fio

b) o módulo da densidade de corrente

c) a velocidade de deriva dos electrões no fio

CAPÍTULO 6 - CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA

6.1. Uma bateria tem uma f.e.m de 12 V e uma resistência interna de 0,05 Ω. Os seus terminais estão ligados a uma resistência de carga de 3 Ω.

a) Achar a corrente no circuito e a voltagem entre os terminais da bateria.

b) Calcular a potência dissipada na resistência de carga, a potência dissipada na resistência interna da bateria e a potência debitada pela bateria.

6.2. Quatro resistências estão ligadas como mostra a fig. 1.

a) Achar a resistência equivalente entre *a* e *c*.

b) Qual é a corrente, em cada resistência, se a diferença de potencial entre *a* e *c* for constante e igual a 42 V?

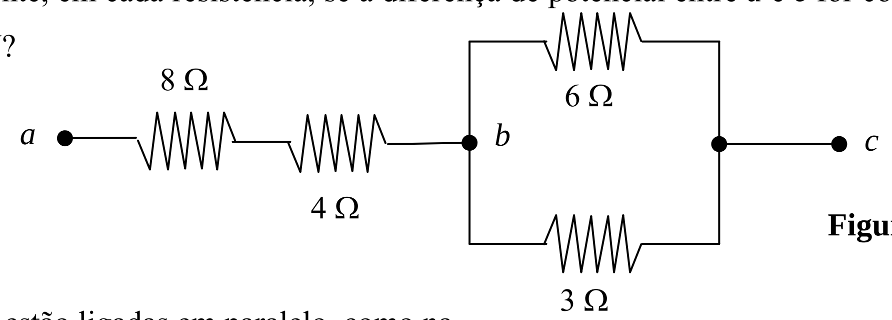


Figura 1

6.3. Três resistências estão ligadas em paralelo, como na fig. 2. Uma diferença de potencial de 18 V é mantida entre os pontos *a* e *b*.

a) Achar a corrente em cada resistência.

b) Calcular a potência dissipada em cada resistência e a potência total dissipada nas três resistências.

c) Calcular a resistência equivalente das três resistências e, a partir do resultado, achar a potência total dissipada.

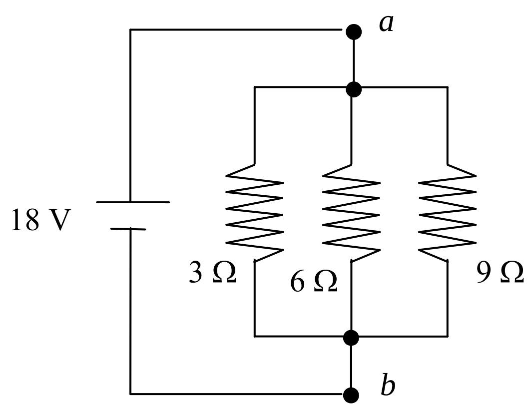


Figura 2

6.4. Um circuito, de uma malha, tem duas resistências e duas fontes de f.e.m, conforme mostra a fig. 3. As resistências internas das baterias foram desprezadas.

a) Achar a corrente no circuito.

b) Qual é a potência dissipada em cada resistência

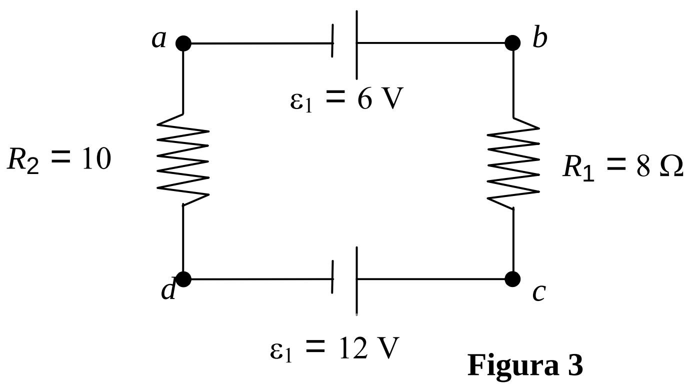


Figura 3

6.5. Achar as correntes I_1, I_2, e I_3, no circuito da fig. 4. Achar a diferença de potencial entre os pontos *b* e *c*.

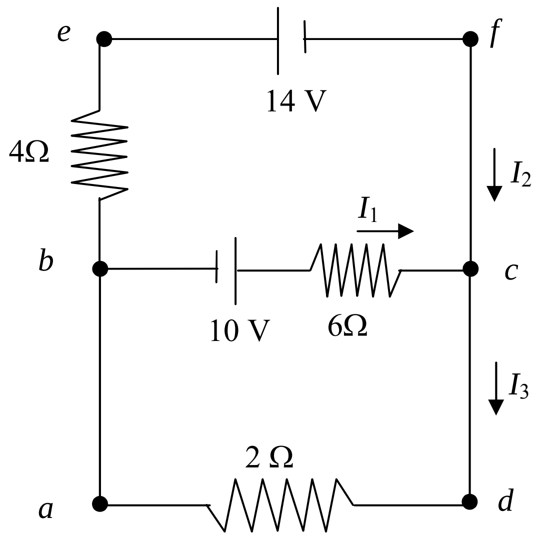


Figura 4

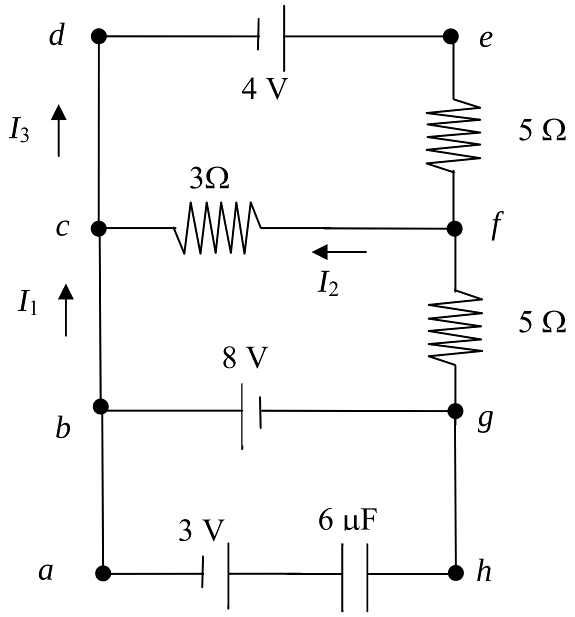


Figura 5

6.6. O circuito de várias malhas (fig. 5) tem três resistências, três baterias e um condensador.

a) Achar as correntes desconhecidas quando o circuito está em estado estacionário.

b) Qual é a carga no condensador?

6.7. Um condensador descarregado e uma resistência são ligados em série a uma bateria. Se ε = 12V, C = 5 μF e $R = 8\times10^5\ \Omega$, achar a constante de tempo do circuito, a carga máxima no condensador, a corrente máxima no circuito e a carga do condensador e a corrente no circuito para $t=\tau$.

6.8. Imagine um condensador *C* sendo descarregado através de uma resistência *R*.

a) Depois de quantas constantes de tempo a carga do condensador terá caído para um quarto do seu valor inicial?

b) A energia do condensador diminui com o tempo, à medida que o condensador se descarrega. Depois de quantas constantes de tempo a energia no condensador se terá reduzido a um quarto do seu valor inicial?

CAPÍTULO 7 - CIRCUITOS DE CORRENTE ALTERNADA

Admitir que todas as voltagens alternadas e todas as correntes alternadas são sinusoidais.

7.1. Uma fonte de potência alternada tem uma voltagem de pico V_m = 100 V. Esta fonte está ligada a uma resistência de 24 Ω, e a corrente no circuito e a voltagem na resistência são medidas por um amperímetro e por um voltímetro ideais, ambos de corrente alternada. Qual é a leitura de cada instrumento?

7.2. Uma bobina está ligada a uma fonte de tensão de 20 Hz que tem uma voltagem média quadrática de 50 V. Qual é a indutância necessária para manter a corrente (máxima) instantânea no circuito abaixo de 80 mA?

7.3. a) Em que frequências lineares um condensador de 22 μF tem impedância capacitiva abaixo de 175 Ω?

b) Nesta faixa de frequências, qual seria a impedância de um condensador de 44 μF?

7.4. Uma voltagem sinusoidal $v(t) = V_m.\cos\omega t$ é aplicada a um condensador.

a) Dar a expressão da carga instantânea no condensador em termos de V_m, C, t e ω.

b) Qual é a corrente instantânea no circuito?

7.5. Um circuito alternado montado em série tem os seguintes componentes: R = 150 Ω, L = 250 mH, C = 2 μF e um gerador que opera a 50 Hz com V_m = 210 V. Calcular:

a) a impedância (reactância) indutiva;

b) a impedância (reactância) capacitiva;

c) a impedância total do circuito;

d) a corrente de pico;

e) o ângulo de fase (construa o diagrama de fasores).

7.6. Uma resistência (R = 900 Ω), um condensador (C = 0,25 μF) e um indutor (L = 2,5 H) estão ligados em série a uma fonte de AC de 240 Hz, com V_m = 140 V. Calcular:

a) a impedância total do circuito;

b) a corrente máxima proporcionada pela fonte;

c) o ângulo de fase entre a corrente e a voltagem (construa o diagrama de fasores);

d) construa o diagrama de fases; a corrente precede ou segue a voltagem?

e) a potência média dissipada.

7.7. Uma fonte de AC, com V_m = 150 V e f = 50 Hz, está ligada entre os pontos *a* e *d* da fig. 1. Calcular as voltagens máximas entre os pontos:

a) *a* e *b* b) *b* e *c*

c) *c* e *d* d) *b* e *d*.

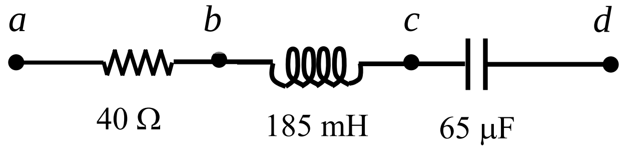


Figura 1

7.8. Uma voltagem alternada, com amplitude de 100 V, é aplicada a uma combinação de um condensador de 200 μF, uma bobina de 100 mH e um resistência de 20 Ω, em série. Calcular a dissipação de potência e o fator de potência quando a frequência for:

a) 60 Hz b) 50 Hz.

7.9. Um circuito RLC em série tem os seguintes parâmetros: L = 20 mH, C = 100 nF, R = 20 Ω e V_m = 100 V, com $v = V_m$.senωt. Achar:

a) a frequência linear de ressonância

b) a amplitude da corrente na frequência de ressonância

c) a amplitude da voltagem na bobina, na ressonância.

CAPÍTULO 8 - CAMPOS MAGNÉTICOS

8.1. Um protão move-se perpendicularmente a um campo magnético uniforme **B**, com a velocidade de 10^7 m/s, e sofre uma aceleração de 2×10^{13} m/s^2, na direção +*x*, quando a sua velocidade é na direção +z. Determinar o módulo e a direção do campo.

8.2. Um protão move-se com uma velocidade de 8×10^6 m/s, sobre o eixo dos *x*. Entra então numa região onde há um campo magnético de 2,5 T, cuja direção faz um ângulo de 60° com o eixo dos *x* e no plano *xy*. Calcular a força magnética inicial sobre o protão e a aceleração inicial do protão.

8.3. Um fio condutor, curvado na forma de um semicírculo de raio *R*, forma um circuito fechado e é percorrido por uma corrente *I*. O circuito está no plano *xy* e um campo magnético uniforme está presente orientado na direção dos *yy* positivos (fig. 1). Achar as forças magnéticas sobre a parte retilínea do condutor e sobre a parte curva.

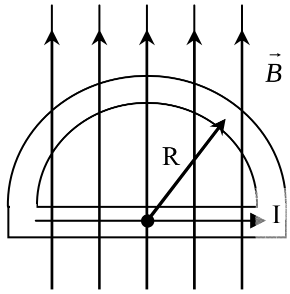


Figura 1

8.4. Um condutor retilíneo está pendurado por dois fios condutores flexíveis, como mostra a fig. 2, e tem uma massa por unidade de comprimento de 0,04 kg/m. Qual deve ser a corrente no condutor para que a tensão nos fios do pendural seja nula, quando o campo magnético for de 3,6 T e estiver dirigido para trás do plano do papel? Qual é a direção da corrente?

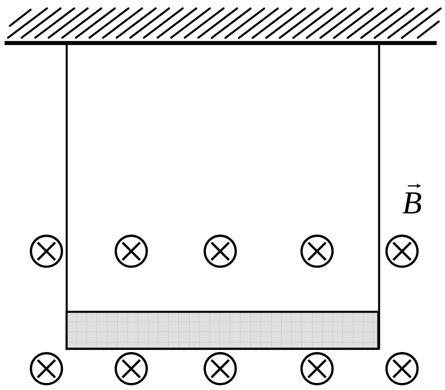


Figura 2

8.5. Um fio condutor, com a massa de 0,5 g/cm, conduz uma corrente de 2 A, horizontalmente, para o sul. Qual é a direcção e qual é o módulo do campo magnético mínimo capaz de erguer, verticalmente, esse condutor.

8.6. Uma corrente de 17 mA circula numa espira circular com 2 m de perímetro. Um campo magnético externo de 0,8 T está dirigido paralelamente ao plano da espira.

a) Calcular o momento magnético da espira de corrente.

b) Qual é o módulo do momento das forças que o campo magnético exerce sobre a espira?

8.7. Um fio condutor forma um círculo de 10 cm de diâmetro, e está num campo magnético uniforme de 3×10^{-3} T, de modo que B seja paralelo ao plano da espira. Uma corrente de 0,5 A passa pelo fio. Calcule o momento de forças máximo que pode atuar sobre a espira de corrente.

8.8. O campo magnético terrestre, num certo ponto, tem uma componente vertical, para baixo, de $0{,}5\times10^{-4}$ T. Um protão entra, com movimento horizontal para oeste, nesse campo com a velocidade de $6{,}2\times10^{6}$ m/s.

a) Qual é a direção e qual é o módulo da força magnética que o campo exerce sobre essa carga?

b) Qual é o raio do arco de circunferência descrito pelo protão?

8.9. Um ião positivo monovalente tem a massa de $3{,}2\times10^{-26}$ kg. Depois de ser acelerado por uma diferença de potencial de 833 V, o ião entra num campo magnético de 0,92 T, ao longo de uma direção perpendicular à direção do campo magnético. Calcular o raio da trajetória do ião no campo magnético.

8.10. Um protão de um raio cósmico, no espaço sideral, tem a energia de 10 MeV, e efetua uma órbita circular, com o raio igual ao da órbita de Mercúrio em torno ao Sol ($5{,}8\times10^{10}$ m). Qual é o campo magnético galáctico nessa região do espaço?

8.11. Considere um enrolamento na forma de uma bobine cilíndrica com 225 espiras, cada espira com uma área de 0,45 m^2.

a) Se este enrolamento for atravessado por um campo magnético de 0,21 T, qual será a corrente que percorre as espiras quando o momento máximo das forças magnéticas for 8 mN/m?

b) Caso o enrolamento tivesse só de uma espira, porém com a mesma área total, qual seria o valor dessa corrente que percorreria a bobine?

CAPÍTULO 9 - FONTES DO CAMPO MAGNÉTICO

9.1. Um condutor, com a forma de uma espira quadrada de lado l = 0,4 m, transporta uma corrente I = 10 A, no sentido horário. Calcular o módulo e a direcção do campo magnético no centro do quadrado.

9.2. Determinar o campo magnético num ponto P que esteja a uma distância x do vértice de um fio condutor rectilíneo, infinitamente comprido, dobrado em ângulo recto (figura 1) O condutor transporta uma corrente constante I=2A.

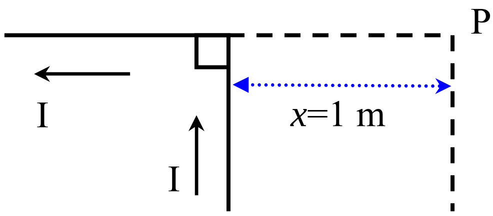


Figura 1

9.3. Duas varas de cobre, paralelas, estão separadas por 1 cm. Um raio injecta um pulso de corrente de 10000 A em cada uma delas. Calcular a força por unidade de comprimento sobre um dos condutores. A força é atractiva ou repulsiva?

9.4. Na montagem que aparece na Fig. 2, a corrente no condutor rectilíneo comprido tem o valor I_1 = 5 A e está no plano da espira rectangular que transporta a corrente I_2 = 10 A As dimensões da montagem são c = 0,1 m, a = 0,15 m e l = 0,45 m. Achar o módulo e a direcção da força resultante exercida sobre a espira rectangular pelo campo magnético da corrente no condutor rectilíneo.

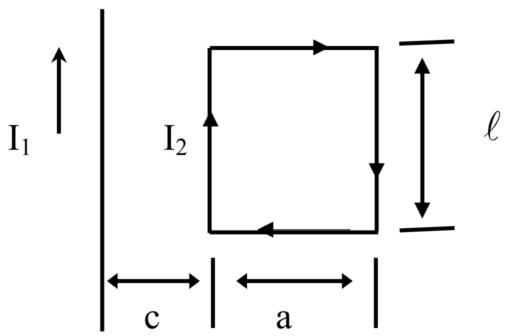


Figura 2

9.5. Qual é a corrente que deve passar pelo enrolamento de um solenóide comprido, com 1000 espiras uniformemente distribuídas sobre um comprimento de 0,4 m, a fim do campo magnético no centro do solenóide ter o módulo de $1{,}0\times10^{-4}$ T?

9.6. As bobinas magnéticas do reactor de fusão nuclear *Tokamak* (Fig. 3) têm a forma de um toro circular, com o raio interno 0,7 m e o externo de 1,3 m. No interior do toro está o plasma. Se a bobina tiver 900 espiras de fio de grande diâmetro, cada qual conduzindo uma corrente de 14 000 A, achar a intensidade do campo magnético:

a) sobre o raio interno da bobina.

b) sobre o raio externo da bobina.

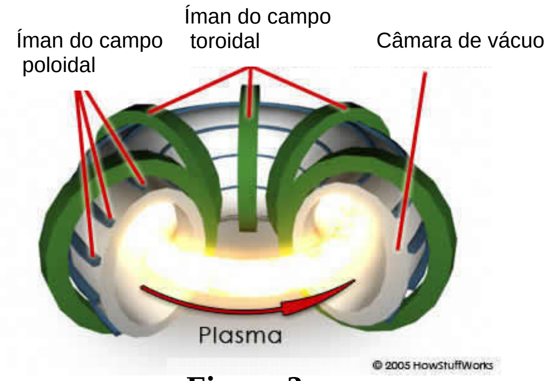


Figura 3

9.7. O metal nióbio fica supercondutor quando arrefecido abaixo de 9 K. Se a supercondutividade for destruída quando o campo magnético na superfície for maior que 0,1 T, determinar a corrente máxima que não destrói a supercondutividade num fio condutor de nióbio de 2 mm de diâmetro.

9.8. Um *cabo composto* é feito por 100 fios condutores compridos rectilíneos isolados formando um cilindro com raio $R = 0,5$ cm.

a) Se cada fio for portador de uma corrente de 2 A, qual é o módulo e qual é valor e a direcção da força magnética, por unidade de comprimento, que actua sobre um fio localizado a 0,2 cm do eixo do cabo?

b) Um fio, na superfície externa do cabo, sofreria uma força maior ou menor comparada com a força sobre o fio a 0,2 cm do eixo?

9.9. Uma bobina toroidal é constituída por N espiras rectangulares. Cada espira tem uma altura h, e a bobina tem um raio interno a e um raio externo b.

a) Se a corrente na bobina for I, mostrar que o fluxo magnético total através das espiras da bobina é proporcional a $\ln(b/a)$.

b) calcular esse fluxo com $N = 200$ espiras, $h = 1,5$ cm, $a = 2$ cm, $b = 5$ cm e $I = 2$ A.

9.10. Um solenóide (Fig. 4) de 2,5 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento tem 300 espiras e conduz uma corrente de 12 A. Calcular o fluxo magnético através da superfície de um disco circular (sombreado) com 5 cm de raio colocado perpendicularmente ao solenóide (intersectando-o), centrado no eixo do solenóide.

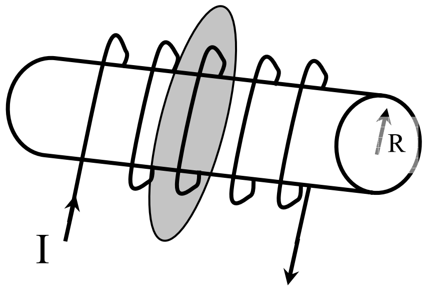


Figura 4

9.11. Uma bobina toroidal é constituída por *N* espiras de fio enroladas em torno de um toro (fig. 5). Admitindo que as espiras sejam muito cerradas, calcular o campo magnético no interior da bobina, a uma distância *r* do seu centro. Considere: I= 2 A, r= 5 cm e N=100 espiras.

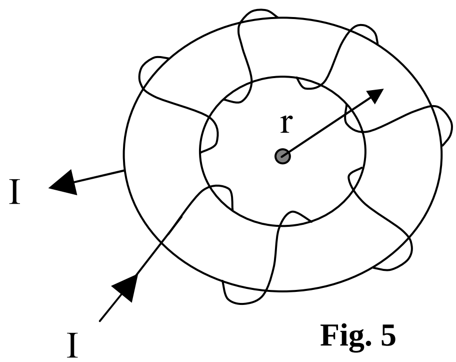


Fig. 5

9.12. Dois fios condutores **XW** e **YZ,** rectos e longos, estão dispostos sobre duas arestas de um cubo imaginário, como mostra a figura 6. Os dois fios são percorridos por correntes eléctricas iguais de 10 A e o campo magnético resultante de tais correntes, no ponto **P**, é o indicado na figura. Considerando que a aresta do cubo é de 10 cm:

a) calcule o módulo de B

b) indique os sentidos das correntes em cada um dos fios, justificando a resposta.

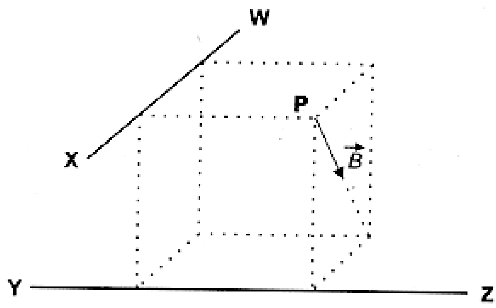


Fig. 6

CAPÍTULO 10 - A LEI DE FARADAY

10.1. Uma bobina com 200 espiras de fio condutor está enrolada à volta da periferia de um quadro com 18 cm de lado. Cada espira tem a mesma área, igual à área do quadro, e a resistência total da bobina é 2 Ω. Um campo magnético é aplicado perpendicularmente ao plano da bobina. Se o campo varia linearmente, de 0 até 0,5 T num intervalo de tempo de 0,8 s, achar o módulo da f.e.m induzida($|\varepsilon|$) na bobina enquanto o campo estiver a variar.

10.2. Uma espira plana, de área *A*, está numa região onde há um campo magnético perpendicular ao plano da espira. O módulo de **B** varia com o tempo de acordo com a expressão $B = B_0.e^{-at}$. Isto é, em $t = 0$ o campo é B_0 e, em $t > 0$, o campo decai exponencialmente com o tempo. Achar a f.e.m induzida na espira, em função do tempo.

10.3. Uma barra condutora, de comprimento *l*, gira com a velocidade angular constante ω em torno de um eixo que passa por uma das suas extremidades. Um campo magnético uniforme **B** está dirigido perpendicularmente ao plano de rotação da barra (fig. 1). Achar a f.e.m induzida (ε) entre as extremidades da barra. Considere: B=1,5 T, l = 30 cm e ω= 20 rpm.

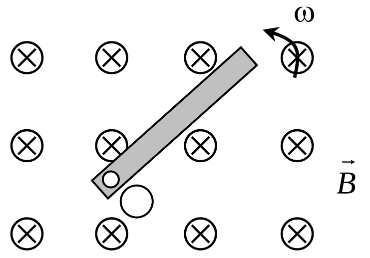


Figura 1

10.4. Uma barra, de massa *m* e comprimento *l*, desliza sobre dois trilhos paralelos, sem atrito, na presença de um campo magnético uniforme, dirigido perpendicularmente da frente para o verso da página (fig. 2). A barra recebe uma velocidade inicial para a direita, $\mathbf{v}_0$, e depois fica livre. Achar a velocidade da barra em função do tempo.

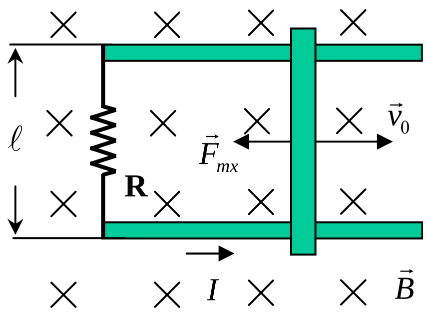


Figura 2

10.5. Na montagem que aparece na fig. 3, a barra condutora move-se para a direita, sobre trilhos condutores, paralelos, sem atrito, ligados, numa ponta, a uma resistência de 6 Ω. Um campo magnético de 2,5 T dirige-se da frente para o verso da página. Seja l = 1,2 m e despreze-se a massa da barra.

a) Calcular a força aplicada necessária para deslocar a barra para a direita, com a velocidade constante de 2 m/s.

b) Qual é a taxa de dissipação de energia na resistência?

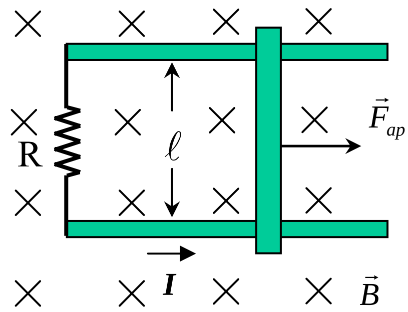


Figura 3

10.6. Uma espira retangular, de dimensões l e w e de resistência R, desloca-se com velocidade constante v para a direita, como está na fig. 4. A espira continua a mover-se com esta velocidade através de uma região onde há um campo magnético uniforme **B** dirigido perpendicularmente à página, da frente para o verso, e cobrindo uma distância $3w$. Traçar o gráfico do fluxo, da f.e.m induzida e da força externa que atua sobre a espira, em função da posição da espira no campo.

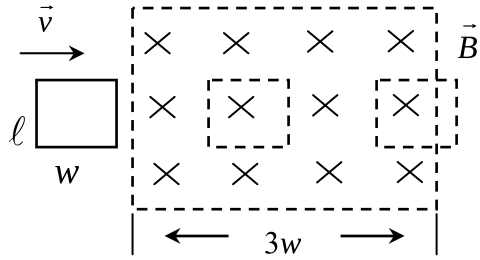


Figura 4

10.7. Uma espira retangular, de massa M, resistência R e dimensões w por h, cai num campo magnético **B,** como mostra a fig. 5. A espira acelera até atingir uma velocidade terminal, $\mathbf{v}_t$.

a) Mostrar que $v_t = (MgR)/(B^2w^2)$.

b) Por que é que v_t é proporcional a R?

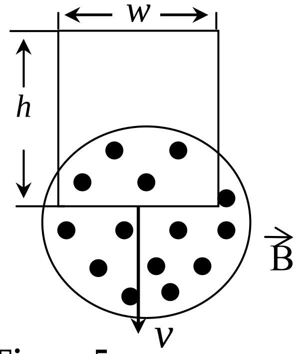


Figura 5

10.8. Um fio metálico, de 0,15 kg, está dobrado em forma de retângulo fechado de 1 m de largura (w) e 1,5 m de altura (h), com a resistência total de 0,75 Ω. O retângulo cai através de um campo magnético dirigido perpendicularmente à direção do movimento do retângulo metálico (fig. 5). O rectângulo é acelerado para baixo (queda livre), porém quando a sua pare superior entra no campo magnético adquire uma velocidade constante de 2 m/s. Calcular o módulo de **B**.

10.9. Um solenóide comprido, de raio R, tem n espiras por unidade de comprimento e conduz uma corrente variável sinusoidalmente no tempo, de acordo com $I = I_0 \cos\omega t$, onde I_0 é a corrente máxima e ω é a frequência angular da fonte de corrente (fig. 6).

a) Determinar o campo elétrico no exterior do solenóide, a uma distância R do seu eixo.

b) Qual é o campo elétrico no interior do solenóide, a uma distância r do seu eixo?

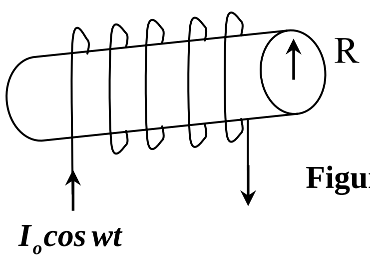
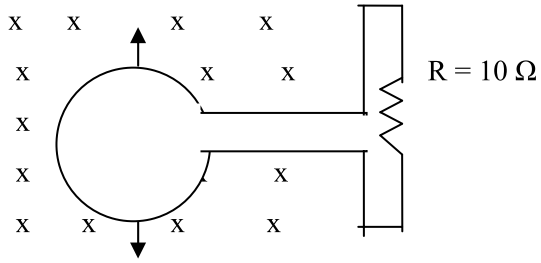


Figura 6



10.10. Coloca-se um anel circular flexível de 10 cm de diâmetro num campo magnético de indução $|\mathbf{B}| = 1{,}2$ T que aponta para dentro do papel como mostra a figura. O anel é puxado durante 0,2 s nos pontos indicados pelas setas até formar uma espira de área nula.

a) Determine a direcção e sentido do campo magnético induzido e o valor da f.e.m. induzida no circuito.

b) Calcule o valor da corrente induzida e indique o sentido, justificando a resposta.

Soluções

1.1. $\vec{F}_3 = -0,9\hat{\imath} + 8,1\hat{\jmath}$; 8,1 N; 96º

1.2. $\vec{E} = 1,1\times10^5\hat{\imath} + 2,5\times10^5\hat{\jmath}$; 2,7×10^5 N/C; 66º

1.3. $\vec{E} = k\dfrac{2qa}{\left(y^2+a^2\right)^{3/2}}\hat{\imath}$

1.4. x = 0,78 m

1.5. $E = \dfrac{kQ}{d(l+d)}$

1.6. $E_x = \dfrac{kx}{\left(x^2+a^2\right)^{3/2}}Q$

1.7. $\vec{F} = 0,76\hat{\imath} - 0,44\hat{\jmath}$ (N); $\left|\vec{F}\right| = 0,87$ (N); θ=330º

1.8. a) 3,6x10^6 N (atractiva); b) 7,2x10^5 N/C (para baixo)

1.9. a) $\vec{E} = 1,3\times10^4\hat{\jmath}$ (N/C); b) $\vec{F} = -3,87\times10^{-2}\hat{\jmath}$ (N)

1.10. a) Por simetria, E=0 no centro do triângulo;

b) $\vec{E} = 1,73\dfrac{kq}{a^2}\hat{\jmath}$

1.11. $\vec{E} = 1,8\times10^4\hat{\imath} - 2,18\times10^5\hat{\jmath}$ (N/C); 2,187x10^5 N/C; -85º

1.12. y=0,94 m

1.13. x=2,6 cm

1.14. a) a=6,1x10^{10} m/s^2; b) t= 2x10^{-5} s; c) 12,2 m;
d) 1,2x10^{-15} J

1.15. a) $\vec{a} = -3,51\times10^{13}\hat{\jmath}$ (m/s^2); b) 3,33×10^{-8} s;
c) -1,95 cm

1.16. 1,04 nC

2.1. a) -2340 N.m^2/C; b) +2340 N.m^2/C;c) 0

2.2. $E = \begin{cases} 0 & , r < a \\ kQ/r^2 & , r > a \end{cases}$

2.3. $E_1 = E_3 = 0$, $E_2 = 2kQ/r^2$, $E_4 = kQ/r^2$

2.4. $E = \rho.r/(2\varepsilon_0)$

2.5. a) 0; b) 5400 N/C; c) 540 N/C

2.6.-3,54 μC

2.7. -7,4 nC

2.8. a) não depende de r; b) -6,6 nC

2.9. 1,87 kNm^2/C

2.10. a) 3,66 nC; b) 413,8 Nm^2/C; c) 1,3x10^4 N/C

2.11. 5,0x10^{-9} C/ m^2

2.12. 5,0x10^{-6} C/m

2.13. a) 2,2x10^6 N/C; b) -4,5x10^5 N/C

2.14. a) 0; b) 2 Nm^2/C; c) 0; d)2 Nm^2/C

2.15. a) $E = -\dfrac{q}{2\pi r L\varepsilon_o}$; b) +q no interior d casca e –q no seu exterior; c) $E = \dfrac{q}{2\pi r L\varepsilon_o}$

2.16. a) 858 Nm^2/C; b) 0; c) 657 Nm^2/C

2.17. a) 0; b) 8x10^7 N/C; c) 0; d)7,3x10^6 N/C

3.1. a) -4×10^4 V; b) -6,4×10^{-15} J; c) 2,77×10^6 m/s

3.2. a) 7,65×10^3 V; b) -3,06×10^{-2} J; c) 6,0×10^{-4} J

3.3. $V = \dfrac{kQ}{\sqrt{x^2+a^2}}$; $E_x = -\dfrac{dV}{dx} = \dfrac{kQx}{\left(x^2+a^2\right)^{3/2}}$

3.4. $V = 2.\pi.k.\sigma.[(x^2 + a^2)^{1/2} - x]$

3.5. $V = \dfrac{kQ}{l}\ln\left(\dfrac{l+\sqrt{l^2+d^2}}{d}\right)$

3.6. a) $V = kQ/r$; b) $V = \dfrac{kQ}{2R}\left(3 - \dfrac{r^2}{R^2}\right)$;

c) E = 0, $V_0 = 3kQ/(2R)$

3.7.

3.8. $V = \dfrac{2kqa}{x^2-a^2} \approx \dfrac{2kqa}{x^2}(x >> a)$, $E = \dfrac{4kqa}{x^3}(x >> a)$

3.9. a) -38,9 V; b) x=0 cm

3.10. a) -4x10^{-18} J; b) 4x10^{-18} J

3.11. 2,67 m; 1,2x10^{-7} C

3.12. F=0; E=0; 45 kV

3.13. -1,1x10^7 V

3.14. -4 J

3.17. a) 0,5 m; b) 0,25 m

3.18. a) 1,7x10^6 V; b) 1,2x10^6 V; c) 1,7x10^6 V

3.19. a) 1,13x10^{-5} C/m^2; b) 0; c) 1,3x10^6 V/m

4.1. a) 1.33 μC/m^2; b) 13.3 pF

4.2. a) 4 μF; b) Q_2 = 24 μC, $Q_3 = Q_6$ = 24 μC, V_2 = 12 V, V_3 = 8 V, V_6 = 4 V

4.3. $C = \dfrac{l}{2k.\ln(b/a)}$

4.4. $C = \dfrac{Qb}{k(b-a)}$

4.5. 6 μF

4.6. a) 19,6 pF; b) 0.31 μC; c) 2,5×10^{-3} J

4.7. $\varepsilon_0.A/(d-a)$

4.8. a) 1,77 pF; b) 5,31 pC; c) $2{,}66\times10^{-8}$ C/m^2; d) $3{,}01\times10^{3}$ N/C

4.9. 16 μC, 80 μC, 64 μC e 32 μC

4.10. 50V, 50 μC e 150 μC

5.1. $2{,}46\times10^{-4}$ m/s

5.2. $R_{Al} = 2{,}82\times10^{-5}\ \Omega$, $R_{vidro} = 10^{13}\ \Omega$

5.3. a) 4,6 Ω/m; b) 2,2 A; c)= 28 Ω, 4,3 A; d) $6{,}7\times10^{6}$ A/m^2, 10N/C

5.4. 157 ºC

5.5. a) 5 A, 17A; b) 85 kA/m^2

5.6. a) 13,8 A; b) 1513 W

5.7. a) 0,625 A, 192 Ω; b) 144 Ω

5.8. $1{,}8\times10^{-3}$ Ωm

5.9. 0,42 Ω

5.10. a) 1,8 m; b) 0,28 mm

5.11. a) 71,7 Ω; b) $2{,}04\times10^{6}$ A/m^2; c) v_d = 0,15mm/s.

6.1. a) 3,93 A, 11.8 V; b) 46,3 W, 0,772 W, P_T = 47,1 W

6.2. a) 14 Ω; b) I_1 = 1 A, I_2 = 2 A, I_3 = 3 A

6.3. a) I_1 = 6 A, I_2 = 3 A, I_3 = 2 A; b) P_1 = 108 W, P_2 = 54 W, P_3 = 36 W; c) 18/11 Ω, P = 198 W

6.4. a) 1/3 A; b) P_1 = 8/9 W, P_2 = 10/9 W, P_T = 2 W

6.5. I_1 = 2 A, I_2 = -3 A, I_3 = -1 A, V_{bc} = -2 V

6.6. a) I_1 = 1,38 A, I_2 = -4/11 A, I_3 = 1,02 A; b) 66 μC

6.7. τ = 4 s, $Q_{máx}$ = 60 μC, I_0 = 15 μA, $q(t=\tau)$ = 37,9 μC; $I(t=\tau)$ = 5,5 μA.

6.8. a) t = 1,39τ; b) t = 0,693τ.

7.1. V_{rms} = 70,7 V, I_{rms} = 2,95 A

7.2. L ≥ 7,03 H

7.3. a) f > 41,3 Hz; b) X_C < 87,5 Ω.

7.4. a) $q(t) = CV_m.\cos(\omega.t)$; b) $i(t) = -\omega CV_m.\mathrm{sen}(\omega.t)$

7.5. a) X_L = 78,5 Ω; b) $X_C = 1{,}59\times10^{3}$ Ω; c) $Z = 1{,}52\times10^{3}$ Ω; d) I_m = 0,138 A; e) ϕ = -84,3º

7.6. a) Z = 1,435 kΩ; b) I_m = 97,6 mA; c) 51,2º; d) A corrente segue a voltagem; e) 4,3 W

7.7. a) V_R = 146 V; b) V_L = 213 V; c) V_C = 179 V; d) $V_L - V_C$ = 33,3 V

7.8. a) P_{med} = 100,3 W, cosϕ = 0,633; b) P_{med} = 156,0 W, cosϕ = 0,790

7.9. a) 3,56 kHz; b) I_m = 5,00 A; c) 22,4; d) V_L = 2236 V

8.1. $\vec{B} = -2{,}09\times10^{-2}\,\hat{j}\,(T)$

8.2. $\vec{F} = 2{,}77\times10^{-12}\,\hat{k}(N)$; $\vec{a} = 1{,}66\times10^{15}\,\hat{k}(m/s^2)$

8.3. Recta: $\vec{F} = 2IRB\hat{k}$; Curva: $\vec{F} = -2IRB\hat{k}$

8.4. I = 0,109 A para a direita.

8.5. B = 0,245 T para a direita

8.6. a) $5{,}41\times10^{-3}$ A.m^2; b) M = $4{,}33\times10^{-3}$ N.m

8.7. a) $1{,}18\times10^{-5}$ N.m

8.8. a) F = $4{,}97\times10^{-17}$ N para sul; b) r = $1{,}29\times10^{3}$ m.

8.9. R = 1,98 cm

8.10. $7{,}88\times10^{-12}$ T.

8.11. a) 0,38 mA; 1,7 μA

9.1. $-2{,}83\text{x}10^{-5}$ T, segundo zz'.

9.2. $-2\text{x}10^{-7}$ T, segundo zz'.

9.3. 2000 N/m

9.4. $-2{,}7\text{x}10^{-5}$ N, segundo xx' negativos.

9.5. 0,0318 A

9.6. a) 3,6T; b) 1,94 T

9.7. 500 A

9.8. a) 0,0064 N/m; b) maior

9.9. b) $1{,}1\text{x}10^{-6}$ Wb

9.10. $7{,}4\text{x}10^{-6}$ Wb

9.11 $8\times10^{-4}T$

9.12. a) 28,3 μT

10.1. 4,05 V

10.2. ε = a.A.B_0.e^{-at}.

10.3. 0,14 V

10.4. $V = V_0.e^{-t/\tau}$.

10.5. a) 3 N; b) 6 W

10.6.

10.7.

10.8. 0,74 T

10.9.

10.10. 47 mV; 4,7 mA