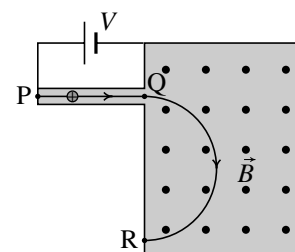


Nome: \_\_\_\_\_

**Duração 2 horas. Prova com consulta de formulário e uso de computador.** O formulário pode ocupar apenas uma folha A4 (frente e verso) e o computador pode ser usado unicamente para realizar cálculos e não para consultar apontamentos ou comunicar com outros!

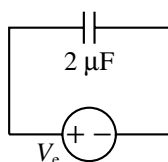
1. (4 valores) Um condensador de  $1.6 \mu\text{F}$ , um indutor de  $1.1 \text{ H}$  e uma resistência de  $1.8 \text{ k}\Omega$  ligam-se em série a uma fonte de tensão alternada, com voltagem máxima de  $80 \text{ V}$  e frequência de  $60 \text{ Hz}$ . Encontre a expressão da voltagem no indutor, em função do tempo.

2. (4 valores) A figura ilustra o método inventado por Arthur J. Dempster, em 1918, para medir as massas de átomos e moléculas. O dispositivo usado é um contentor hermético e com vácuo, composto por um tubo de vidro (isolador), entre os pontos P e Q, e uma caixa metálica. Um íão é ionizado, com carga positiva igual à carga elementar, e inserido no ponto P. O íão é acelerado no tubo, a partir do repouso, até o ponto Q, pelo campo elétrico devido à diferença de potencial  $V = 200 \text{ V}$  ligada entre os pontos P e Q. No ponto Q o íão entra na caixa metálica, onde não existe campo elétrico, mas há campo magnético uniforme  $\vec{B}$ , perpendicular à trajetória do íão e com módulo de  $0.025 \text{ T}$ . O íão descreve na caixa metálica uma trajetória semi-circular, deixando uma marca no ponto R numa placa fotográfica. Sabendo que a distância entre Q e R é  $16.35 \text{ cm}$ , determine a massa do íão.



**PERGUNTAS.** Avalia-se unicamente a **letra** que apareça na caixa de “Resposta”. **Cotação:** certas, 0.8 valores, erradas, -0.2, em branco ou ilegível, 0.

3. A expressão da voltagem da fonte no circuito do diagrama é  $V_e = 400 t^2$  (unidades SI) em  $t > 0$  e  $0$  em  $t \leq 0$ . O condensador encontrava-se descarregado em  $t = 0$ . Determine a expressão da corrente no circuito em  $t > 0$  (unidades SI).



- (A)  $0.0016 t$       (C)  $0.004 t$       (E)  $0.0032 t$   
(B)  $0.0016 t^2$       (D)  $0.0032 t^2$

Resposta:

4. Um núcleo de tungsténio tem 74 prótons e 110 neutrões. Quantos eletrões tem um íão positivo de tungsténio com carga  $+e$ ? (onde  $e$  é a carga elementar)

- (A) 73      (C) 74      (E) 185  
(B) 183      (D) 75

Resposta:

5. Dois fios condutores paralelos, retilíneos e muito compridos, encontram-se a uma distância de  $9.3 \text{ cm}$  e transportam correntes da mesma intensidade  $I$ . A força magnética entre os fios (por unidade de comprimento) é repulsiva e de módulo  $3.98 \text{ nN/m}$ . Calcule o valor de  $I$ .

- (A)  $52 \text{ mA}$       (C)  $34 \text{ mA}$       (E)  $43 \text{ mA}$   
(B)  $27 \text{ mA}$       (D)  $65 \text{ mA}$

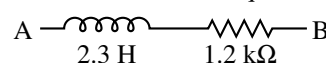
Resposta:

6. Liga-se uma fonte de tensão alternada a um indutor e uma resistência em série. Se aumentarmos a indutância  $L$ , mantendo a resistência e a fonte iguais, qual das afirmações será correta?

- (A) O módulo da impedância total diminuirá.  
(B) A corrente eficaz aumentará.  
(C) O desfasamento entre a corrente e a tensão da fonte aumentará.  
(D) A reatância total diminuirá.  
(E) O fator de potência para a fonte aumentará.

Resposta:

7. Calcule o módulo da impedância complexa entre os pontos A e B para uma tensão alternada com frequência  $f = 60 \text{ Hz}$ .



- (A)  $1.48 \text{ k}\Omega$       (C)  $2.07 \text{ k}\Omega$       (E)  $1.2 \text{ k}\Omega$   
(B)  $1.66 \text{ k}\Omega$       (D)  $1.7 \text{ k}\Omega$

Resposta:

8. Um fio retilíneo, muito comprido, com carga linear de  $9 \mu\text{C/m}$ , encontra-se sobre o eixo dos  $z$ . Calcule o módulo do campo elétrico no ponto P, com coordenadas  $x = 4 \text{ m}$ ,  $y = 7 \text{ m}$  e  $z = 9 \text{ m}$ .

- (A)  $40.5 \text{ kN/C}$       (C)  $23.14 \text{ kN/C}$       (E)  $18.0 \text{ kN/C}$   
(B)  $9.0 \text{ kN/C}$       (D)  $20.09 \text{ kN/C}$

Resposta:

9. Uma bobina, com indutância de 2.8 H e resistência de 762  $\Omega$ , liga-se a uma fonte ideal com f.e.m. de 3 V. Determine a intensidade da corrente na bobina, em mA, 1 mili-segundo após a fonte ter sido ligada.

- (A) 3.752 (C) 1.876 (E) 4.690  
(B) 2.814 (D) 0.938

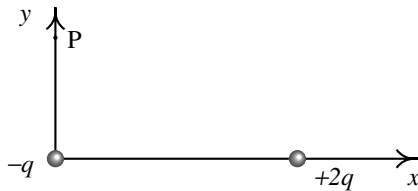
Resposta:

10. Num condutor ligado a uma pilha com f.e.m. de 1.5 V, circulam  $3 \times 10^{16}$  elétrons de condução durante 7 segundos. Calcule a potência média fornecida pela pilha nesse intervalo.

- (A) 0.1 mW (C) 1.03 mW (E) 0.51 mW  
(B) 2.57 mW (D) 0.82 mW

Resposta:

11. Uma carga pontual  $-q$  encontra-se na origem e uma segunda carga  $+2q$  encontra-se no ponto de coordenadas ( $x = 9$  cm,  $y = 0$ ). Existe um ponto P, no semieixo positivo dos  $y$ , onde o potencial do sistema é nulo. Calcule a distância desde P até à origem.



- (A) 6.36 cm (C) 4.5 cm (E) 5.2 cm  
(B) 10.39 cm (D) 9.0 cm

Resposta:

12. A espessura da membrana das células dos seres vivos é da ordem de  $8 \times 10^{-9}$  m e o valor médio do campo elétrico através dela é  $8.8 \times 10^6$  N/C. Admitindo que esse campo seja uniforme, qual a diferença de potencial entre as superfícies interior e exterior da membrana?

- (A)  $9.1 \times 10^{-16}$  V. (D) 1.7 V.  
(B) 3.4 V. (E) 70 mV.  
(C)  $1.1 \times 10^{15}$  V.

Resposta:

13. Dois condensadores com capacidades 6  $\mu\text{F}$  e 12  $\mu\text{F}$  são ligados em série a uma fonte de 12 V. Calcule a carga no condensador de 6  $\mu\text{F}$ .

- (A) 24  $\mu\text{C}$  (C) 48  $\mu\text{C}$  (E) 60  $\mu\text{C}$   
(B) 12  $\mu\text{C}$  (D) 36  $\mu\text{C}$

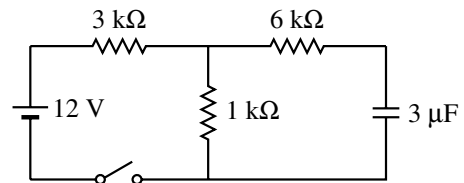
Resposta:

14. Qual das seguintes afirmações é verdadeira?

- (A) A f.e.m. induzida num circuito é igual a menos o fluxo magnético através dele.  
(B) A indutância de um circuito é proporcional à variação da corrente nesse circuito.  
(C) A indutância de um circuito é proporcional à corrente nesse circuito.  
(D) A indutância de um circuito é proporcional à f.e.m. induzida nele.  
(E) A f.e.m. induzida num circuito é proporcional ao campo magnético através dele.  
(F) Pode haver f.e.m. induzida num circuito num instante em que o fluxo magnético através dele é nulo.

Resposta:

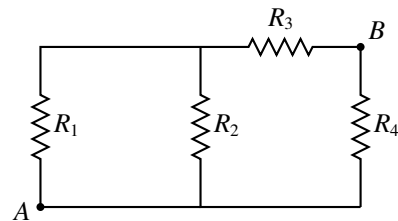
15. No circuito da figura, o condensador está inicialmente descarregado. Calcule a diferença de potencial na resistência de 3 k $\Omega$ , muito tempo depois do interruptor ter sido fechado.



- (A) 12 V (C) 9 V (E) 3 V  
(B) 4 V (D) 8 V

Resposta:

16. Determine o valor da resistência equivalente entre os pontos A e B no diagrama, sabendo que  $R_1 = 2$  k $\Omega$ ,  $R_2 = 3$  k $\Omega$ ,  $R_3 = 7$  k $\Omega$  e  $R_4 = 4$  k $\Omega$ .



- (A) 1.61 k $\Omega$  (C) 2.69 k $\Omega$  (E) 8.07 k $\Omega$   
(B) 3.76 k $\Omega$  (D) 5.91 k $\Omega$

Resposta:

17. Determine o valor da resistência duma lâmpada incandescente de 8 W e 12 V, nas condições normais de operação.

- (A) 18.0  $\Omega$  (C) 14.4  $\Omega$  (E) 24.0  $\Omega$   
(B) 72.0  $\Omega$  (D) 36.0  $\Omega$

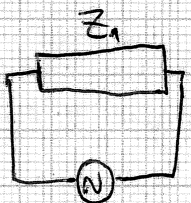
Resposta:

Apresenta-se a resolução de um dos estudantes que fez o exame, Pedro Miguel O. C. da Silva, a quem agradeço a sua disponibilidade para partilhar a sua resolução.

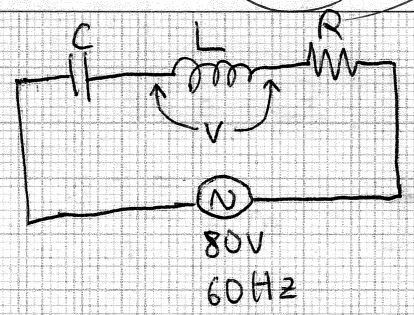
①

$C = 1.6 \mu\text{F}$   
 $L = 1.1 \text{ H}$   
 $R = 1.8 \text{ k}\Omega$   
 $\omega = 2\pi 60 = 120\pi$  ✓

Simplificando o circuito:



Circuito:



Nota: os valores são arredondados para a representação nos passos intermédios mas são usados valores exatos nos cálculos

$$Z_1 = R_1 + i X_1$$

$$= 1800 + i \left( 1.1 \times 120\pi - \frac{1}{1.6 \times 10^{-6} \times 120\pi} \right)$$

$$= 1800 - i 1243.17$$

Calcular a corrente do circuito:

$$V = ZI \Rightarrow I = \frac{V}{Z}$$

$$\Rightarrow I = 0.0208 + 0.030 \text{ (SI)}$$

$$\Rightarrow I = \frac{80 \angle 0}{|Z| \angle \varphi_Z} \Rightarrow I = 0.0366 \angle 0.604$$

obtido com a expressão cabs      obtido com a expressão congl

Calcular a expressão da voltagem no indutor:

Neste caso  $Z_i$  será a impedância no indutor:

$$Z_i = 0 + iX \quad \text{CA} \quad X = L\omega = 1.1 \times 120\pi$$

$$\Rightarrow Z_i = i 132\pi$$

↳ equivalente a  $(132\pi \angle \frac{\pi}{2})$

$$V = I Z_i \Rightarrow V = (0.0208 + 0.030i)(i 132\pi) \Rightarrow V = i 12.48 - 8.62$$

CA  $V(t) = V_{\text{max}} \cos(\omega t + \varphi_V) \Rightarrow V(t) = 15.165 \cos(120\pi t + 2.175) \text{ (SI)}$

R:  $V(t) = [15.165 \cos(120\pi t + 2.175)] \text{ V}$

modulo do n.º complexo de V, obtido com cabs(V)      ângulo que o n.º complexo faz com o eixo real, calculado com congl(V)

②

Observe que dentro da caixa metálica, a velocidade ~~a~~ o módulo da velocidade mantém-se constante mas a existe <sup>força</sup> aceleração centrípeta igual à força magnética:

Nota: como a velocidade mantém-se sempre no plano da folha e o campo magnético é sempre perpendicular ao plano da folha então  $|v \times B| = vB$

Iguando as expressões da força centrípeta e magnética: ✓

$$F_c = m \frac{v^2}{r} \quad F_m = qvB$$
$$\Rightarrow \frac{mv^2}{r} = qvB \Rightarrow m = \frac{qB r}{v}$$

A carga  $q$  será a carga do ião que nós sabemos ser  $+e$ , ou seja  $q = 1.609 \times 10^{-19} \text{ C}$

Como o campo magnético é constante,  $B = 2.025 \text{ T}$

O raio  $r$  é dado indiretamente no enunciado porque  $r = \frac{QR}{2}$  logo  $r = \frac{0.1632}{2} \text{ m}$  ✓

Para calcular o último elemento, precisamos de saber a velocidade em qualquer ponto dentro da caixa metálica.

Como o campo elétrico presente entre P e Q é um campo conservativo:

$$E_P = E_Q$$

Logo e  $E_P = \frac{1}{2} m v_P^2 + eV = 200e \text{ (y)}$

o carga do ião

O pouca parte do repouso

$$E_Q = \frac{1}{2} m v_Q^2 + eV = \frac{m v_Q^2}{2} \text{ (y)}$$

potencial é 0 em Q

Logo:

$$200e = \frac{m v_Q^2}{2}$$

Como a velocidade em Q será a velocidade até ao final do movimento (até parar) então  $v_f = v$ .

Impedância

Resolvendo o sistema de duas equações com duas variáveis.

$$\begin{cases} m = \frac{eB R}{v} \\ 200e = \frac{mv^2}{2} \end{cases} \xrightarrow{(SI)} \begin{cases} m = 1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg} \\ v = 196,078 \times 10^3 \text{ ms}^{-1} \end{cases}$$

R: A massa do ião é  $1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg}$ .

## Perguntas

- |      |      |       |       |       |
|------|------|-------|-------|-------|
| 3. A | 6. C | 9. D  | 12. E | 15. C |
| 4. A | 7. A | 10. C | 13. C | 16. C |
| 5. E | 8. D | 11. E | 14. F | 17. A |

## Critérios de avaliação

### Problema 1

- Cálculo da impedância complexa do condensador \_\_\_\_\_0.4
- Cálculo da impedância complexa do indutor \_\_\_\_\_0.4
- Cálculo da impedância complexa total \_\_\_\_\_0.8
- Determinação do fasor da corrente \_\_\_\_\_0.8
- Determinação do fasor da voltagem no indutor \_\_\_\_\_0.8
- Obtenção da expressão da voltagem no indutor em função do tempo \_\_\_\_\_0.8

### Problema 2

- Cálculo da energia potencial elétrica em P e Q \_\_\_\_\_0.4
- Cálculo da energia cinética em P e Q \_\_\_\_\_0.4
- Equação para a massa e a velocidade obtida por conservação da energia mecânica \_\_\_\_\_0.8
- Expressão da força magnética no percurso entre Q e R \_\_\_\_\_0.8
- Expressão da força centrípeta no percurso entre Q e R \_\_\_\_\_0.8
- Cálculo da massa do ião \_\_\_\_\_0.8