U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

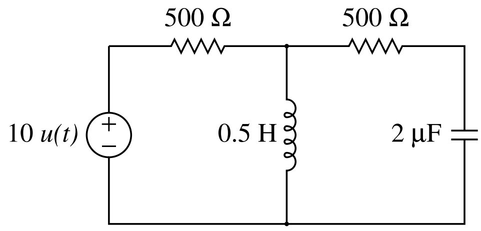
MESTRADO INTEGRADO EM ENG. INFORMÁTICA E COMPUTAÇÃO 2017/2018

EIC0014 — FÍSICA II — 2º ANO, 1º SEMESTRE 25 de janeiro de 2018

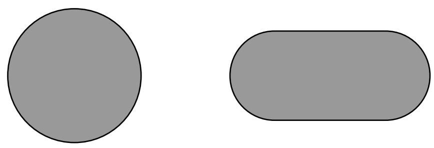
Nome: ______________________________

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) A f.e.m. da fonte no circuito da figura é $10\,u(t)$, em volt, onde $u(t)$ é a função degrau unitário. Encontre as expressões da voltagem e da corrente no indutor, em função do tempo.



2. (4 valores) Uma esfera metálica encontra-se próxima de outra peça metálica formada por um cilindro e duas semiesferas, como mostra a figura. Ambos objetos estão isolados de qualquer outro condutor. A esfera tem carga positiva ($Q_1 > 0$) e a peça cilíndrica está completamente descarregada ($Q_2 = 0$). Arbitrando que o potencial da peça cilíndrica é zero, então o potencial da esfera é 80 V. Faça um diagrama, na sua folha de exame, mostrando as duas peças, a distribuição de cargas, as linhas de campo nas duas peças e à sua volta, e as superfícies equipotenciais de -5 V, 5 V e 75 V.



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. Em coordenadas cartesianas, a expressão do campo elétrico numa região do espaço é:
$a\,x^2\,y\,\cos(2\,z)\,\hat{\imath} + 2\,x^3\,\cos(2\,z)\,\hat{\jmath} - 4\,x^3\,y\,\sin(2\,z)\,\hat{k}$
Determine o valor da constante a.

(A) 3 **(C)** 4 **(E)** 2
(B) 6 **(D)** 1

Resposta: ☐

4. Num condensador ligado a uma fonte ideal com f.e.m. ε a energia eletrostática armazenada é U. Se ε for aumentada até $2\,\varepsilon$, a energia passará a ser:

(A) a mesma U **(C)** $U/4$ **(E)** $4\,U$
(B) $2\,U$ **(D)** $U/2$

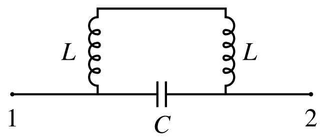
Resposta: ☐

5. O campo magnético numa região do espaço é $3\,\hat{\imath} + 4\,\hat{\jmath} + 2\,\hat{k}$ (unidades SI). Determine o módulo do binário magnético numa espira triangular, com vértices na origem e nos pontos (5.6, 0, 0) e (0, 4.3, 0) (unidades SI), percorrida por uma corrente de 1 A.

(A) 53.8 N·m **(C)** 77.1 N·m **(E)** 64.8 N·m
(B) 43.4 N·m **(D)** 60.2 N·m

Resposta: ☐

6. Calcule a impedância complexa equivalente entre os pontos 1 e 2, para tensão/corrente alternada com frequência angular ω.



(A) $\dfrac{\mathrm{i}\,2\,L\,\omega}{1 - 2\,L\,C\,\omega^2}$ **(D)** $\dfrac{\mathrm{i}\,2\,L\,\omega}{2 - L\,C\,\omega^2}$
(B) $\dfrac{\mathrm{i}\,L\,\omega}{2 - L\,C\,\omega^2}$ **(E)** $\dfrac{\mathrm{i}\left(2\,L\,C\,\omega^2 - 1\right)}{2\,C\,\omega}$
(C) $\dfrac{\mathrm{i}\left(L\,C\,\omega^2 - 2\right)}{2\,C\,\omega}$

Resposta: ☐

7. Quando a tensão num dispositivo, em função do tempo, é $V(t) = 3\,\cos(80\,t + 0.9)$, a expressão da corrente é $I(t) = 1.5\,\cos(80\,t + 0.5)$ (unidades SI). Determine o valor da impedância desse dispositivo.

(A) $0.461 - \mathrm{i}\,0.195$ **(D)** $1.842 - \mathrm{i}\,0.779$
(B) $0.461 + \mathrm{i}\,0.195$ **(E)** $1.842 + \mathrm{i}\,0.779$
(C) $0.779 + \mathrm{i}\,1.842$

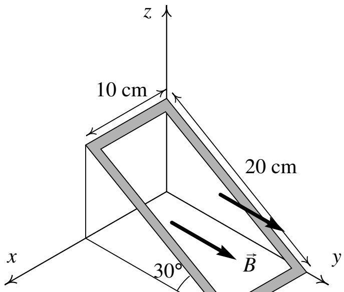
Resposta: ☐

8. O coeficiente de temperatura do ferro a 20°C, é igual a 0.005. Duas resistências de ferro têm valores de 1.7 kΩ e 3.2 kΩ, quando a temperatura é de 20°C. Determine o valor da resistência equivalente, quando essas duas resistências são ligadas em paralelo e a temperatura aumenta até 65°C.

(A) 1.22 kΩ **(C)** 1.58 kΩ **(E)** 1.47 kΩ
(B) 1.11 kΩ **(D)** 1.36 kΩ

Resposta: ☐

9. Uma espira retangular, com arestas de 10 cm e 20 cm, encontra-se inclinada 30° em relação ao plano Oxy, como mostra a figura. Calcule o fluxo magnético através da espira, produzido por um campo magnético uniforme, na direção e sentido do eixo dos y, com módulo de 5.8 T.



(A) 0.1 T·m^2 **(C)** 0.058 T·m^2 **(E)** 0.116 T·m^2
(B) 5.8 T·m^2 **(D)** 0.174 T·m^2

Resposta: ☐

10. Dentro do paralelepípedo definido por $0 \le x \le 3$, $0 \le y \le 2$ e $0 \le z \le 4$ (em metros), existe carga elétrica distribuída uniformemente. O fluxo elétrico produzido pelo paralelepípedo, através da esfera com centro na origem e raio igual a 5 m, é igual a 2325 N/(C·m^2). Determine a carga volúmica dentro do paralelepípedo, em unidades de nC/m^3.

(A) 2.5697 **(C)** 0.3212 **(E)** 0.1645
(B) 0.8566 **(D)** 0.571

Resposta: ☐

11. Num sistema de três cargas pontuais, $q_1 = 4$ nC, $q_2 = 3$ nC e $q_3 = 2$ nC, a distância entre as cargas 1 e 2 é 2 cm, entre as cargas 1 e 3 é 2 cm, e entre as cargas 2 e 3 é 3 cm. Calcule a relação entre as forças elétricas produzidas pelas cargas 1 e 2 sobre a carga 3.

(A) 6 **(C)** 2 **(E)** 16/27
(B) 3 **(D)** 32/27

Resposta: ☐

12. Quando o sinal de entrada num circuito é $V_e(t)$ e o sinal de saída é $V(t)$, a função de transferência é:

$$\frac{1}{s+2} + \frac{1}{s+3}$$

Determine a equação diferencial do circuito.

(A) $\ddot{V} + 5\dot{V} + 6V = 2\,\dot{V}_e + 5V_e$
(B) $\ddot{V} + 2\dot{V} + 6V = \dot{V}_e + 3V_e$
(C) $\dot{V} + 2V = \dot{V}_e + 3V_e$
(D) $\ddot{V} + 5\dot{V} + 6V = V_e$
(E) $\ddot{V} + 2\dot{V} + V = \dot{V}_e + 3V_e$

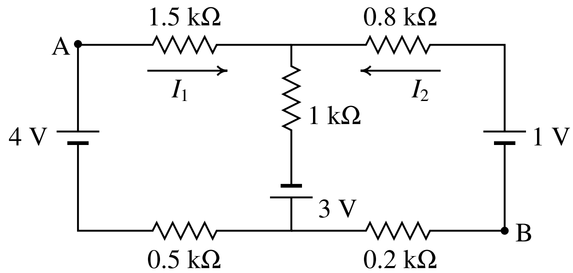
Resposta: ☐

13. Um circuito de corrente alternada é composto por várias resistências e indutores. Qual dos números complexos na lista poderá ser a impedância equivalente do circuito?

(A) $2.3 + \mathrm{i}\,1.2$ **(D)** $-2.3 - \mathrm{i}\,1.2$
(B) $2.3 - \mathrm{i}\,1.2$ **(E)** $-2.3 + \mathrm{i}\,1.2$
(C) $\mathrm{i}\,1.2$

Resposta: ☐

14. A intensidade das duas correntes indicadas no circuito da figura são $I_1 = 2$ mA e $I_2 = 1$ mA. Arbitrando que o potencial seja igual a zero no ponto A, determine o valor do potencial no ponto B.



(A) -2.7 V **(C)** -5.6 V **(E)** -4.8 V
(B) -3.2 V **(D)** -1.3 V

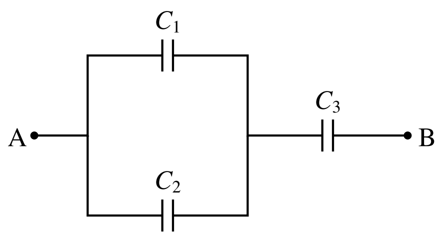
Resposta: ☐

15. Uma carga pontual que se encontra no ponto $(x, y, z) = (4, 5, 3)$ (distâncias em cm) produz um potencial de 6 kV no ponto $(x, y, z) = (2, 6, 2)$. Calcule o valor da carga em unidades de nC.

(A) 2.72 **(C)** 14.91 **(E)** 13.33
(B) 16.33 **(D)** 40.0

Resposta: ☐

16. Ligam-se três condensadores como mostra a figura, onde $C_1 = 4$ μF, $C_2 = 7$ μF e $C_3 = 9$ μF. Se a diferença de potencial aplicada entre os pontos A e B for 12 V qual será a carga no condensador C_3?



(A) 71.3 μC **(C)** 17.8 μC **(E)** 89.1 μC
(B) 59.4 μC **(D)** 35.6 μC

Resposta: ☐

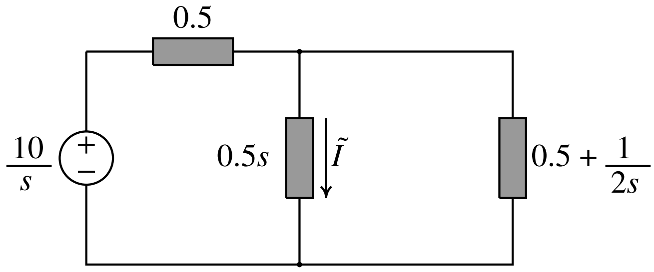
17. Duas pilhas idênticas, cada uma com f.e.m. de 1.5 V e carga total igual a 2.4 A·h, são ligadas em série. Quais são os valores da f.e.m. e da carga disponível do sistema resultante? (observe-se que a energia do sistema deve ser igual à soma das energias das duas pilhas.)

(A) 3 V e 2.4 A·h **(D)** 3 V e 4.8 A·h
(B) 1.5 V e 4.8 A·h **(E)** 1.5 V e 1.2 A·h
(C) 3 V e 1.2 A·h

Resposta: ☐

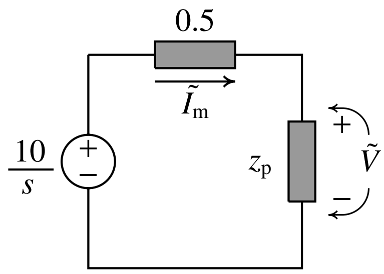
Problema 1. (*a*) Pode usar-se unidades SI mas, para simplificar os resultados, usaremos unidades em que a resistência e a impedância são medidas em kΩ, a indutância em H, a capacidade em µF, a frequência em kHz, o tempo em ms, a voltagem em V e a corrente em mA.

A impedância de ambas resistências é então 0.5, a impedância do indutor $0.5\,s$ e a impedância do condensador $1/(2\,s)$. A transformada de Laplace da voltagem da fonte é $10/s$. A resistência do lado direito está em série com o condensador; como tal, o circuito pode ser simplificado resultando no diagrama que se mostra à direita, onde $\tilde{I}$ é a transformada da corrente que passa pelo indutor.



As duas impedâncias em paralelo podem ser combinadas numa só. Usando o *Maxima*, o resultado é:

$$z_\text{p} = \frac{0.5\,s\left(0.5 + \dfrac{1}{2\,s}\right)}{0.5\,s + 0.5 + \dfrac{1}{2\,s}} = \frac{s^2 + s}{2\left(s^2 + s + 1\right)}$$



Obtém-se assim o circuito no lado esquerdo. A diferença de potencial no sistema em paralelo, $\tilde{V}$, é a mesma diferença de potencial no indutor. A corrente na malha é $\tilde{I}_\text{m}$ igual a:

$$\tilde{I}_\text{m} = \frac{\dfrac{10}{s}}{0.5 + z_\text{p}} = \frac{20\left(s^2 + s + 1\right)}{2\,s^3 + 2\,s^2 + s}$$

A diferença de potencial no indutor é:

$$\tilde{V} = z_\text{p}\tilde{I}_\text{m} = \frac{10(s+1)}{2\,s^2 + 2\,s + 1}$$

E a corrente no indutor:

$$\tilde{I} = \frac{\tilde{V}}{0.5\,s} = \frac{20(s+1)}{2\,s^3 + 2\,s^2 + s}$$

No domínio do tempo, a voltagem e a corrente no indutor são as transformadas inversas de $\tilde{V}$ e $\tilde{I}$. Usando a função **ilt** do Maxima, o resultado é:

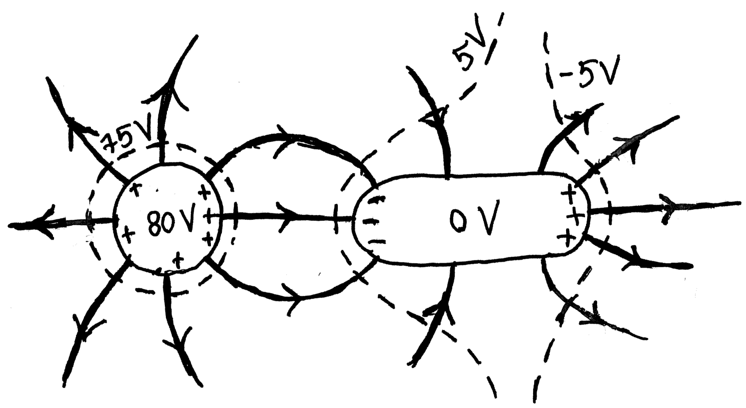
$$V(t) = 5\,\text{e}^{-\frac{t}{2}}\left(\cos\left(\frac{t}{2}\right) + \sin\left(\frac{t}{2}\right)\right)\,u(t) \qquad I(t) = 20\left(1 - \text{e}^{-\frac{t}{2}}\cos\left(\frac{t}{2}\right)\right)u(t)$$

onde o tempo t é dado em ms, a voltagem V em V e a corrente I em mA.

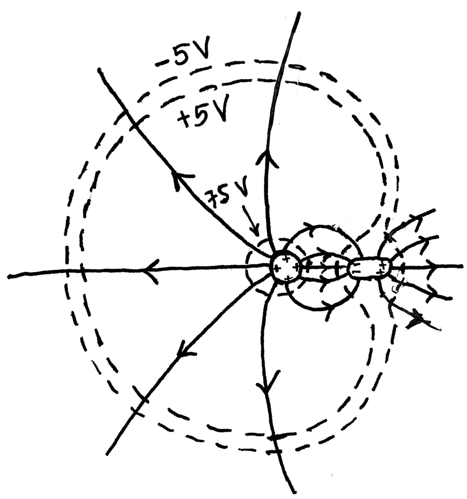
Problema 2. Há que ter em conta várias coisas:

- As cargas distribuem-se nas superfícies dos dois condutores. No cilindro são induzidas cargas negativas no extremo mais próximo da esfera e o mesmo número de cargas positivas no extremo mais afastado. Na superfície da esfera há cargas positivas, mais concentradas no extremo próximo do cilindro.
- Não há linhas de campo dentro da esfera nem dentro do cilindro. Há linhas de campo a começar na superfície da esfera e na superfície do cilindro, no extremo onde há carga positiva, e linhas de campo a terminar na superfície do cilindro, no extremo onde há carga negativa.
- Todas as linhas de campo são perpendiculares à superfície do objeto onde começam ou terminam.
- Nenhuma linha de campo pode começar num extremo do cilindro e terminar no outro, porque o potencial é constante no cilindro, enquanto que o potencial onde começa uma linha é sempre maior do que o potencial onde esta termina.
- A equipotencial de 75 V estará próxima da esfera, onde o potencial é 80 V, e as equipotenciais de 5 V e -5 V estarão próximas do cilindro, onde o potencial é 0. No entanto, nenhuma dessas equipotenciais pode tocar nenhum dos objetos, porque estes têm valores de potencial diferentes de 75 V, 5 V e -5 V.
- Essas 3 equipotenciais não se podem cruzar entre si, por terem valores de potencial diferentes, e devem ser perpendiculares às linhas de campo elétrico, em todos os pontos onde se cruzam com elas.

O gráfico é aproximadamente o seguinte:



Também pode ser representado visto desde mais longe:



Perguntas

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

Critérios de avaliação

Problema 1

- Uso de unidades compatíveis ______ 0.4
- Cálculo das impedância do indutor e do condensador, em função de s ______ 0.4
- Obtenção da expressão, em função de s, da impedância do sistema em paralelo ______ 0.4
- Obtenção da expressão, em função de s, da corrente na malha ______ 0.4
- Obtenção da expressão, em função de s, da voltagem no indutor ______ 0.8
- Obtenção da expressão, em função de s, da corrente no indutor ______ 0.8
- Obtenção da expressão, em função de t, da voltagem no indutor ______ 0.4
- Obtenção da expressão, em função de t, da corrente no indutor ______ 0.4

Problema 2

- Representação das cargas nas superfícies dos dois objetos ______ 0.4
- Representação das cargas induzidas no objeto descarregado (igual número de positivas e negativas, com cargas de sinal oposto ao da carga do objeto carregado mais próximas deste) ______ 0.8
- Maior concentração de cargas no objeto carregado no extremo mais próximo do outro objeto. ______ 0.4
- Linhas de campo a começar ou terminar na superfície de cada objeto e perpendiculares à superfície 0.8
- Equipotencial próxima do objeto carregado ______ 0.4
- Duas equipotenciais próximas do objeto descarregado, contornando-o nos dois lados ______ 0.8
- Equipotenciais perpendiculares às linhas de campo ______ 0.4