

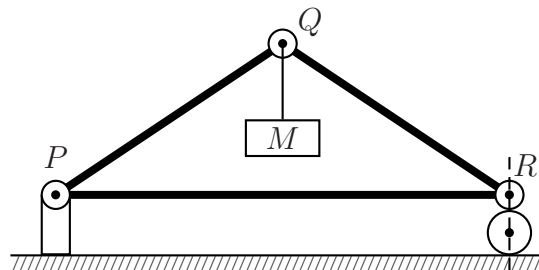
**Quando precisar use os seguintes valores para as constantes:** Aceleração da gravidade:  $10 \text{ m/s}^2$ .  $1,0 \text{ cal} = 4,2 \text{ J} = 4,2 \times 10^7 \text{ erg}$ . Calor específico da água:  $1,0 \text{ cal/g.K}$ . Massa específica da água:  $1,0 \text{ g/cm}^3$ . Massa específica do ar:  $1,2 \text{ kg/m}^3$ . Velocidade do som no ar:  $340 \text{ m/s}$ .

**Questão 1.** Considere um corpo esférico de raio  $r$  totalmente envolvido por um fluido de viscosidade  $\eta$  com velocidade média  $v$ . De acordo com a lei de Stokes, para baixas velocidades, esse corpo sofrerá a ação de uma força de arrasto viscoso dada por  $F = -6\pi r\eta v$ . A dimensão de  $\eta$  é dada por

- A ( )  $\text{m.s}^{-1}$       B ( )  $\text{m.s}^{-2}$       C ( )  $\text{kg.m.s}^{-2}$       D ( )  $\text{kg.m.s}^{-3}$       E ( )  $\text{kg.m}^{-1}\text{s}^{-1}$

**Questão 2.** Três barras de peso desprezível, articuladas nos pinos  $P$ ,  $Q$  e  $R$ , constituem uma estrutura vertical em forma de triângulo isósceles, com  $6,0 \text{ m}$  de base e  $4,0 \text{ m}$  de altura, que sustenta uma massa  $M$  suspensa em  $Q$  em equilíbrio estático. O pino  $P$  também é articulado no seu apoio fixo, e o pino  $R$  apoia-se verticalmente sobre o rolete livre. Sendo de  $1,5 \times 10^4 \text{ N}$  e  $5,0 \times 10^3 \text{ N}$  os respectivos valores máximos das forças de tração e compressão suportáveis por qualquer das barras, o máximo valor possível para  $M$  é de

- A ( )  $3,0 \times 10^2 \text{ kg}$ .  
 B ( )  $4,0 \times 10^2 \text{ kg}$ .  
 C ( )  $8,0 \times 10^2 \text{ kg}$ .  
 D ( )  $2,4 \times 10^3 \text{ kg}$ .  
 E ( )  $4,0 \times 10^3 \text{ kg}$ .

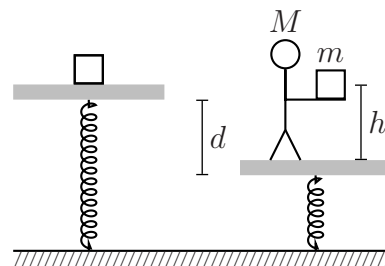


**Questão 3.** No sistema de sinalização de trânsito urbano chamado de “onda verde”, há semáforos com dispositivos eletrônicos que indicam a velocidade a ser mantida pelo motorista para alcançar o próximo sinal ainda aberto. Considere que de início o painel indique uma velocidade de  $45 \text{ km/h}$ . Alguns segundos depois ela passa para  $50 \text{ km/h}$  e, finalmente, para  $60 \text{ km/h}$ . Sabendo que a indicação de  $50 \text{ km/h}$  no painel demora  $8,0 \text{ s}$  antes de mudar para  $60 \text{ km/h}$ , então a distância entre os semáforos é de

- A ( )  $1,0 \times 10^{-1} \text{ km}$ .  
 B ( )  $2,0 \times 10^{-1} \text{ km}$ .  
 C ( )  $4,0 \times 10^{-1} \text{ km}$ .  
 D ( )  $1,0 \text{ km}$ .  
 E ( )  $1,2 \text{ km}$ .

**Questão 4.** Um bloco de massa  $m$  encontra-se inicialmente em repouso sobre uma plataforma apoiada por uma mola, como visto na figura. Em seguida, uma pessoa de massa  $M$  sobe na plataforma e ergue o bloco até uma altura  $h$  da plataforma, sendo que esta se desloca para baixo até uma distância  $d$ . Quando o bloco é solto das mãos, o sistema (plataforma+pessoa+mola) começa a oscilar e, ao fim da primeira oscilação completa, o bloco colide com a superfície da plataforma num choque totalmente inelástico. A razão entre a amplitude da primeira oscilação e a da que se segue após o choque é igual a

- A ( )  $\sqrt{(m + M)/\sqrt{2\pi M}}$ .  
 B ( )  $\sqrt{(M - m)h}/\sqrt{2dM}$ .  
 C ( )  $\sqrt{(M + m)h}/\sqrt{2dM}$ .  
 D ( )  $\sqrt{(M - m)d}/\sqrt{2hM}$ .  
 E ( )  $\sqrt{(M + m)d}/\sqrt{hM}$ .



**Questão 5.** A partir do repouso, um foguete de brinquedo é lançado verticalmente do chão, mantendo uma aceleração constante de  $5,00 \text{ m/s}^2$  durante os 10,0 primeiros segundos. Desprezando a resistência do ar, a altura máxima atingida pelo foguete e o tempo total de sua permanência no ar são, respectivamente, de

- A ( ) 375 m e 23,7 s.
- B ( ) 375 m e 30,0 s.
- C ( ) 375 m e 34,1 s.
- D ( ) 500 m e 23,7 s.
- E ( ) 500 m e 34,1 s.

**Questão 6.** Um caminhão baú de 2,00 m de largura e centro de gravidade a 3,00 m do chão percorre um trecho de estrada em curva com 76,8 m de raio. Para manter a estabilidade do veículo neste trecho, sem derrapar, sua velocidade não deve exceder a

- A ( ) 5,06 m/s.
- B ( ) 11,3 m/s.
- C ( ) 16,0 m/s.
- D ( ) 19,6 m/s.
- E ( ) 22,3 m/s.

**Questão 7.** Considere duas estrelas de um sistema binário em que cada qual descreve uma órbita circular em torno do centro de massa comum. Sobre tal sistema são feitas as seguintes afirmações:

- I. O período de revolução é o mesmo para as duas estrelas.
- II. Esse período é função apenas da constante gravitacional, da massa total do sistema e da distância entre ambas as estrelas.
- III. Sendo  $\mathbf{R}_1$  e  $\mathbf{R}_2$  os vetores posição que unem o centro de massa dos sistema aos respectivos centros de massa das estrelas, tanto  $\mathbf{R}_1$  como  $\mathbf{R}_2$  varrem áreas de mesma magnitude num mesmo intervalo de tempo.

Assinale a alternativa correta.

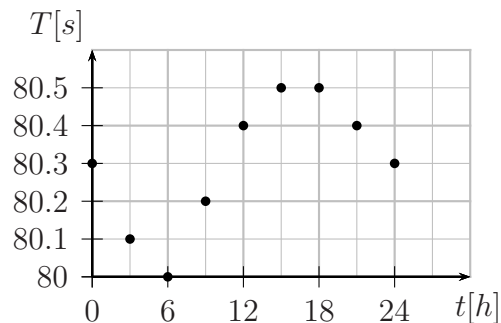
- A ( ) Apenas a afirmação I é verdadeira.
- B ( ) Apenas a afirmação II é verdadeira.
- C ( ) Apenas a afirmação III é verdadeira.
- D ( ) Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
- E ( ) Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.

**Questão 8.** Um cubo de peso  $P_1$ , construído com um material cuja densidade é  $\rho_1$ , dispõe de uma região vazia em seu interior e, quando inteiramente imerso em um líquido de densidade  $\rho_2$ , seu peso reduz-se a  $P_2$ . Assinale a expressão com o volume da região vazia deste cubo.

- A ( )  $\frac{P_1 - P_2}{g\rho_2} - \frac{P_1}{g\rho_1}$
- B ( )  $\frac{P_1 - P_2}{g\rho_1} - \frac{P_1}{g\rho_2}$
- C ( )  $\frac{P_1 - P_2}{g\rho_2} - \frac{P_2}{g\rho_2}$
- D ( )  $\frac{P_2 - P_1}{g\rho_1} - \frac{P_2}{g\rho_1}$
- E ( )  $\frac{P_2 - P_1}{g\rho_1} - \frac{P_2}{g\rho_2}$

**Questão 9.** Um pêndulo simples é composto por uma massa presa a um fio metálico de peso desprezível. A figura registra medidas do tempo  $T$  em segundos, para 10 oscilações completas e seguidas do pêndulo ocorridas ao longo das horas do dia,  $t$ . Considerando que neste dia houve uma variação térmica total de  $20^\circ\text{C}$ , assinale o valor do coeficiente de dilatação térmica do fio deste pêndulo.

- A ( )  $2 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$   
 B ( )  $4 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$   
 C ( )  $6 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$   
 D ( )  $8 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$   
 E ( )  $10 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

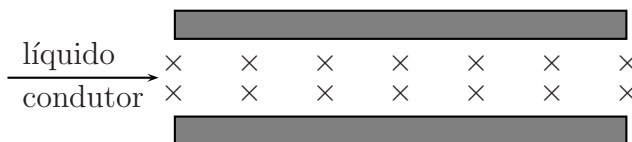


**Questão 10.** Um pêndulo simples oscila com uma amplitude máxima de  $60^\circ$  em relação à vertical, momento em que a tensão no cabo é de 10 N. Assinale a opção com o valor da tensão no ponto em que ele atinge sua velocidade máxima.

- A ( ) 10 N      B ( ) 20 N      C ( ) 30 N      D ( ) 40 N      E ( ) 50 N

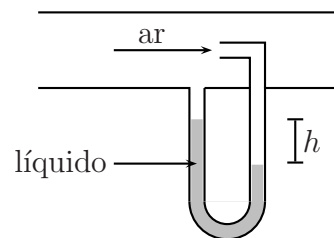
**Questão 11.** Um líquido condutor (metal fundido) flui no interior de duas chapas metálicas paralelas, interdistantes de 2,0 cm, formando um capacitor plano, conforme a figura. Toda essa região interna está submetida a um campo homogêneo de indução magnética de 0,01 T, paralelo aos planos das chapas, atuando perpendicularmente à direção da velocidade do escoamento. Assinale a opção com o módulo dessa velocidade quando a diferença de potencial medida entre as placas for de 0,40 mV.

- A ( ) 2 cm/s  
 B ( ) 3 cm/s  
 C ( ) 1 m/s  
 D ( ) 2 m/s  
 E ( ) 5 m/s



**Questão 12.** Um estudante usa um tubo de Pitot esquematizado na figura para medir a velocidade do ar em um túnel de vento. A densidade do ar é igual a  $1,2 \text{ kg/m}^3$  e a densidade do líquido é  $1,2 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$ , sendo  $h = 10 \text{ cm}$ . Nessas condições a velocidade do ar é aproximadamente igual a

- A ( ) 1,4 m/s  
 B ( ) 14 m/s  
 C ( )  $1,4 \times 10^2 \text{ m/s}$   
 D ( )  $1,4 \times 10^3 \text{ m/s}$   
 E ( )  $1,4 \times 10^4 \text{ m/s}$



**Questão 13.** Balão com gás Hélio inicialmente a  $27^\circ\text{C}$  de temperatura e pressão de 1,0 atm, as mesmas do ar externo, sobe até o topo de uma montanha, quando o gás se resfria a  $-23^\circ\text{C}$  e sua pressão reduz-se a 0,33 de atm, também as mesmas do ar externo. Considerando invariável a aceleração da gravidade na subida, a razão entre as forças de empuxo que atuam no balão nestas duas posições é

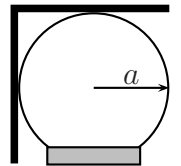
- A ( ) 0,33.      B ( ) 0,40.      C ( ) 1,0.      D ( ) 2,5.      E ( ) 3,0.

**Questão 14.** Um corpo flutua estavelmente em um tanque contendo dois líquidos imiscíveis, um com o dobro da densidade do outro, de tal forma que as interfaces líquido/líquido e líquido/ar dividem o volume do corpo exatamente em três partes iguais. Sendo completamente removido o líquido mais leve, qual proporção do volume do corpo permanece imerso no líquido restante?

- A ( ) 1/2
- B ( ) 1/4
- C ( ) 3/4
- D ( ) 2/5
- E ( ) 3/5

**Questão 15.** A figura mostra uma placa fina de peso  $P$  dobrada em ângulo reto e disposta sobre uma esfera fixa de raio  $a$ . O coeficiente de atrito mínimo entre estes objetos para que a placa não escorregue é

- A ( ) 1.
- B ( ) 1/2.
- C ( )  $\sqrt{2} - 1$ .
- D ( )  $\sqrt{3} - 1$ .
- E ( )  $(\sqrt{5} - 1)/2$ .

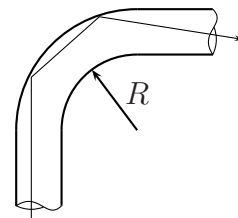


**Questão 16.** Uma corda de cobre, com seção de raio  $r_C$ , está submetida a uma tensão  $T$ . Uma corda de ferro, com seção de raio  $r_F$ , de mesmo comprimento e emitindo ondas de mesma frequência que a do cobre, está submetida a uma tensão  $T/3$ . Sendo de 1,15 a razão entre as densidades do cobre e do ferro, e sabendo que ambas oscilam no modo fundamental, a razão  $r_C/r_F$  é igual a

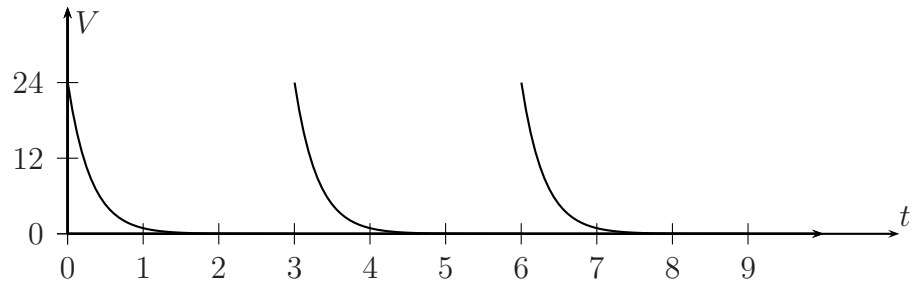
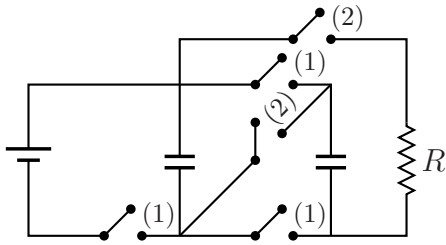
- A ( ) 1,2.
- B ( ) 0,6.
- C ( ) 0,8.
- D ( ) 1,6.
- E ( ) 3,2.

**Questão 17.** Um tubo de fibra óptica é basicamente um cilindro longo e transparente, de diâmetro  $d$  e índice de refração  $n$ . Se o tubo é curvado, parte dos raios de luz pode escapar e não se refletir na superfície interna do tubo. Para que haja reflexão total de um feixe de luz inicialmente paralelo ao eixo do tubo, o menor raio de curvatura interno  $R$  (ver figura) deve ser igual a

- A ( )  $nd$
- B ( )  $d/n$
- C ( )  $d/(n - 1)$
- D ( )  $nd/(n - 1)$
- E ( )  $\sqrt{nd}/(\sqrt{n} - 1)$



**Questão 18.** No circuito da figura há três capacitores iguais, com  $C = 1000\mu\text{F}$ , inicialmente descarregados. Com as chaves (2) abertas e as chaves (1) fechadas, os capacitores são carregados. Na sequência, com as chaves (1) abertas e as chaves (2) fechadas, os capacitores são novamente descarregados e o processo se repete. Com a tensão no resistor  $R$  variando segundo o gráfico da figura, a carga transferida pelos capacitores em cada descarga é igual a



- A ( )  $4,8 \times 10^{-2} \text{C}$     B ( )  $2,4 \times 10^{-2} \text{C}$     C ( )  $1,2 \times 10^{-2} \text{C}$     D ( )  $0,6 \times 10^{-2} \text{C}$     E ( )  $0,3 \times 10^{-2} \text{C}$

**Questão 19.** Uma bobina metálica circular de raio  $r$ , com  $N$  espiras e resistência elétrica  $R$ , é atravessada por um campo de indução magnética de intensidade  $B$ . Se o raio da bobina é aumentado de uma fração  $\Delta r \ll r$ , num intervalo de tempo  $\Delta t$ , e desconsiderando as perdas, a máxima corrente induzida será de

- A ( )  $2\pi N B r \Delta r / (R \Delta t)$ .   D ( )  $2\pi N B r \Delta r / (R^2 \Delta t)$ .  
 B ( )  $2\pi N B r \Delta r^2 / (R \Delta t)$ .   E ( )  $2\pi N B r \Delta r / (R \Delta t^2)$ .  
 C ( )  $2\pi N B^2 r \Delta r / (R \Delta t)$ .

**Questão 20.** Enquanto em repouso relativo a uma estrela, um astronauta vê a luz dela como predominantemente vermelha, de comprimento de onda próximo a 600 nm. Acelerando sua nave na direção da estrela, a luz será vista como predominantemente violeta, de comprimento de onda próximo a 400 nm, ocasião em que a razão da velocidade da nave em relação à da luz será de

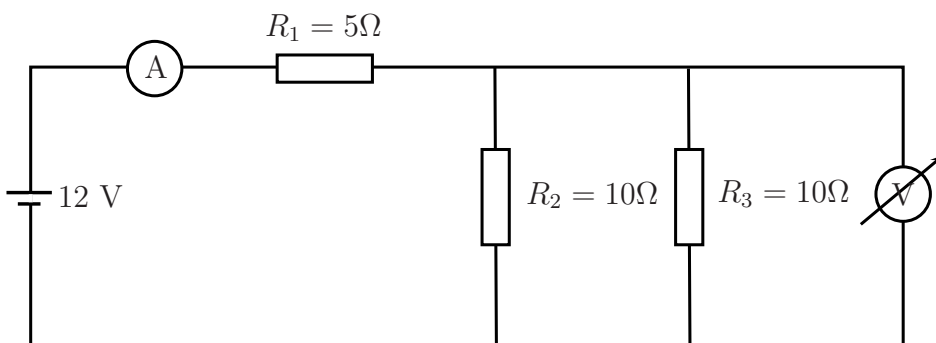
- A ( )  $1/3$ .  
 B ( )  $2/3$ .  
 C ( )  $4/9$ .  
 D ( )  $5/9$ .  
 E ( )  $5/13$ .

---

**As questões dissertativas, numeradas de 21 a 30,  
 devem ser desenvolvidas, justificadas e respondidas no caderno de soluções**

---

**Questão 21.** No circuito abaixo os medidores de corrente e tensão elétrica são reais, ou seja, possuem resistência interna. Sabendo-se que o voltímetro acusa 3,0 V e o amperímetro, 0,8 A, calcule o valor da resistência interna do voltímetro.



**Questão 22.** No tráfego, um veículo deve se manter a uma distância segura do que vai logo à frente. Há países que adotam a “regra dos três segundos”, vale dizer: ao observar que o veículo da frente passa por uma dada referência ao lado da pista, que se encontra a uma distância  $d$ , o motorista deverá passar por essa mesma referência somente após pelo menos três segundos, mantida constante sua velocidade  $v_0$ . Nessas condições,

1. supondo que o veículo da frente pare instantaneamente, estando o de trás a uma distância ainda segura de acordo com a “regra dos três segundos”, calcule o tempo  $T$  da frenagem deste para que ele possa percorrer essa distância  $d$ , mantida constante a aceleração.
2. para situações com diferentes valores da velocidade inicial  $v_0$ , esboce um gráfico do módulo da aceleração do veículo de trás em função dessa velocidade, com o veículo parando completamente no intervalo de tempo  $T$  determinado no item anterior.
3. considerando que a aceleração  $a$  depende principalmente do coeficiente de atrito  $\mu$  entre os pneus e o asfalto. explique como utilizar o gráfico para obter o valor máximo da velocidade  $v_M$  para o qual a “regra dos três segundos” permanece válida. Sendo  $\mu = 0,6$  obtenha este valor.

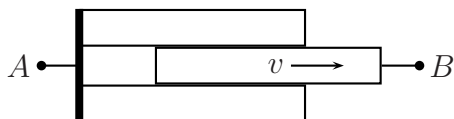
**Questão 23.** Um cilindro vertical de seção reta de área  $A_1$ , fechado, contendo gás e água é posto sobre um carrinho que pode se movimentar horizontalmente sem atrito. A uma profundidade  $h$  do cilindro, há um pequeno orifício de área  $A_2$  por onde escoa a água. Num certo instante a pressão do gás é  $p$ , a massa da água,  $M_a$  e a massa restante do sistema,  $M$ . Determine a aceleração do carrinho nesse instante mencionado em função dos parâmetros dados. Justifique as aproximações eventualmente realizadas.

**Questão 24.** Um dado instrumento, emitindo um único som de frequência  $f_0$ , é solto no instante  $t = 0$  de uma altura  $h$  em relação ao chão onde você, imóvel, mede a frequência  $f$  que a cada instante chega aos seus ouvidos. O gráfico resultante de  $\frac{1}{f} \times t$  mostra uma reta de coeficiente angular  $-3,00 \times 10^{-5}$ . Desprezando a resistência do ar, determine o valor da frequência  $f_0$ .

**Questão 25.** Dois garotos com patins de rodinhas idênticos encontram-se numa superfície horizontal com atrito e, graças a uma interação, conseguem obter a razão entre seus respectivos pesos valendo-se apenas de uma fita métrica. Como é resolvida essa questão e quais os conceitos físicos envolvidos?

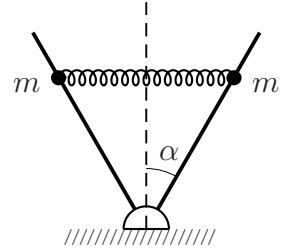
**Questão 26.** Considere uma garrafa térmica fechada contendo uma certa quantidade de água inicialmente a  $20^\circ \text{C}$ . Elevando-se a garrafa a uma certa altura e baixando-a em seguida, suponha que toda a água sofra uma queda livre de 42 cm em seu interior. Este processo se repete 100 vezes por minuto. Supondo que toda a energia cinética se transforme em calor a cada movimento, determine o tempo necessário para ferver toda a água.

**Questão 27.** Considere superpostas três barras idênticas de grafite com resistividade  $\rho = 1,0 \times 10^{-4} \Omega \text{m}$ , 15 cm de comprimento e seção quadrada com 2,0 cm de lado. Inicialmente as três barras tem as suas extremidades em contato com a chapa ligada ao contato  $A$ . Em seguida, a barra do meio desliza sem atrito com velocidade constante  $v = 1,0 \text{ cm/s}$ , movimentando igualmente o contato  $B$ , conforme a figura. Obtenha a expressão da resistência  $R$  medida entre  $A$  e  $B$  como função do tempo e esboce o seu gráfico.



**Questão 28.** Na ausência da gravidade e no vácuo, encontram-se três esferas condutoras alinhadas,  $A$ ,  $B$  e  $C$ , de mesmo raio e de massas respectivamente iguais a  $m$ ,  $m$  e  $2m$ . Inicialmente  $B$  e  $C$  encontram-se descarregadas e em repouso, e a esfera  $A$ , com carga elétrica  $Q$ , é lançada contra a intermediária  $B$  com uma certa velocidade  $v$ . Supondo que todos movimentos ocorram ao longo de uma mesma reta, que as massas sejam grandes o suficiente para se desprezar as forças coulombianas e ainda que todas as colisões sejam elásticas, Determine a carga elétrica de cada esfera após todas as colisões possíveis.

**Questão 29.** Um sistema mecânico é formado por duas partículas de massas  $m$  conectadas por uma mola, de constante elástica  $k$  e comprimento natural  $2\ell_0$ , e duas barras formando um ângulo fixo de  $2\alpha$ , conforme a figura. As partículas podem se mover em movimento oscilatório, sem atrito, ao longo das barras, com a mola subindo e descendo sempre na horizontal. Determine a frequência angular da oscilação e a variação  $\Delta\ell = \ell_0 - \ell_1$ , em que  $\ell_1$  é o comprimento da mola em sua posição de equilíbrio.



**Questão 30.** No circuito da figura o capacitor encontra-se descarregado com a chave  $A$  aberta que, a seguir, é fechada no instante  $t_1$ , sendo que o capacitor estará totalmente carregado no instante  $t_2$ . Desprezando a resistência da bateria  $V$ , determine a corrente no circuito nos instantes  $t_1$  e  $t_2$ .

