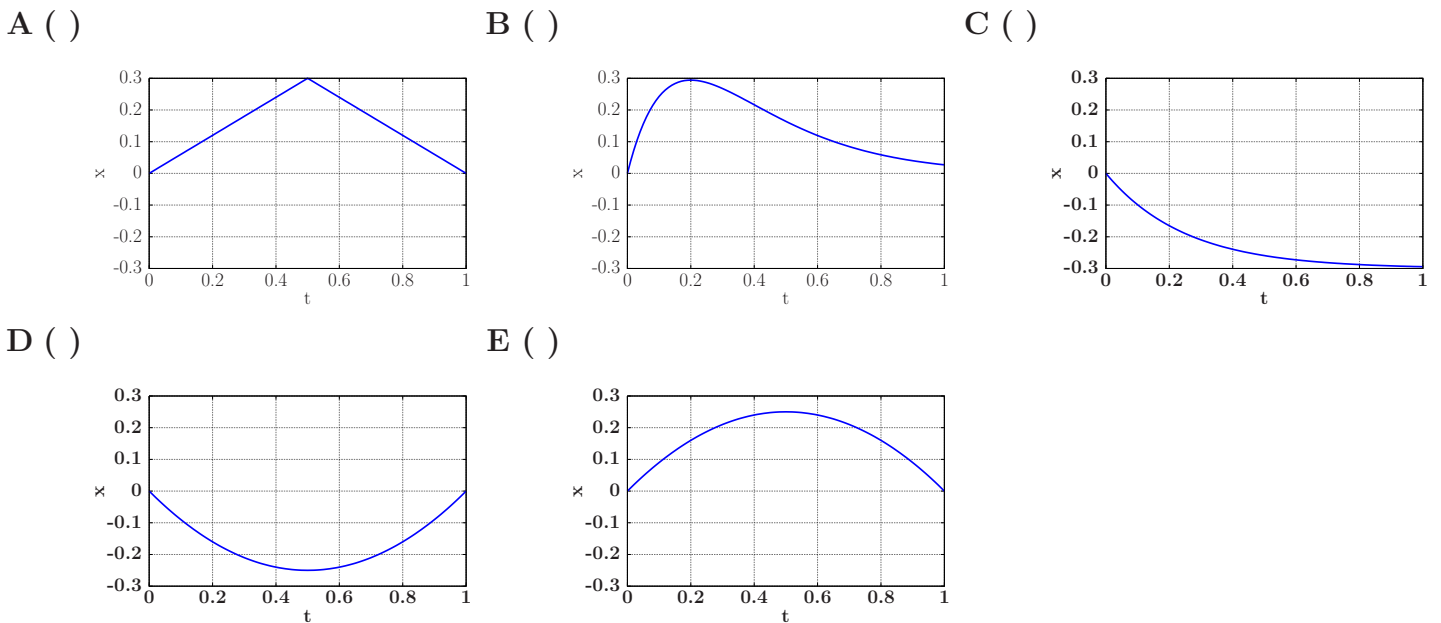


**Questão 1.** Sabe-se que o momento angular de uma massa pontual é dado pelo produto vetorial do vetor posição dessa massa pelo seu momento linear. Então, em termos das dimensões de comprimento ( $L$ ), de massa ( $M$ ), e de tempo ( $T$ ), um momento angular qualquer tem sua dimensão dada por

- A ( )  $L^0MT^{-1}$ .
- B ( )  $LM^0T^{-1}$ .
- C ( )  $LMT^{-1}$ .
- D ( )  $L^2MT^{-1}$ .
- E ( )  $L^2MT^{-2}$ .

**Questão 2.** Uma partícula carregada negativamente está se movendo na direção  $+x$  quando entra em um campo elétrico uniforme atuando nessa mesma direção e sentido. Considerando que sua posição em  $t = 0$  s é  $x = 0$  m, qual gráfico representa melhor a posição da partícula como função do tempo durante o primeiro segundo?

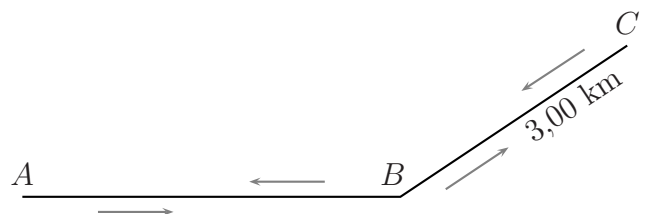


**Questão 3.** Um barco leva 10 horas para subir e 4 horas para descer um mesmo trecho do rio Amazonas, mantendo constante o módulo de sua velocidade em relação à água. Quanto tempo o barco leva para descer esse trecho com os motores desligados?

- A ( ) 14 horas e 30 minutos
- B ( ) 13 horas e 20 minutos
- C ( ) 7 horas e 20 minutos
- D ( ) 10 horas
- E ( ) Não é possível resolver porque não foi dada a distância percorrida pelo barco.

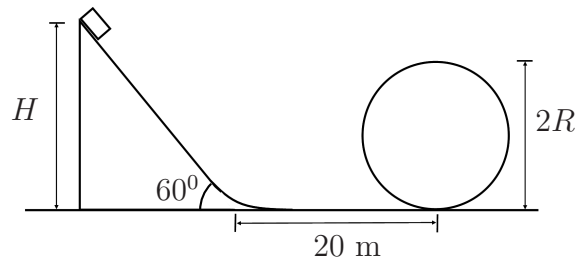
**Questão 4.** Na figura, um ciclista percorre o trecho  $AB$  com velocidade escalar média de  $22,5$  km/h e, em seguida, o trecho  $BC$  de  $3,00$  km de extensão. No retorno, ao passar em  $B$ , verifica ser de  $20,0$  km/h sua velocidade escalar média no percurso então percorrido,  $ABCB$ . Finalmente, ele chega em  $A$  perfazendo todo o percurso de ida e volta em  $1,00$  h, com velocidade escalar média de  $24,0$  km/h. Assinale o módulo  $v$  do vetor velocidade média referente ao percurso  $ABCB$ .

- A ( )  $v = 12,0$  km/h
- B ( )  $v = 12,00$  km/h
- C ( )  $v = 20,0$  km/h
- D ( )  $v = 20,00$  km/h
- E ( )  $v = 36,0$  km/h



**Questão 5.** A partir do repouso, um carrinho de montanha russa desliza de uma altura  $H = 20\sqrt{3}$  m sobre uma rampa de  $60^\circ$  de inclinação e corre 20 m num trecho horizontal antes de chegar em um *loop* circular, de pista sem atrito. Sabendo que o coeficiente de atrito da rampa e do plano horizontal é  $1/2$ , assinale o valor do raio máximo que pode ter esse *loop* para que o carrinho faça todo o percurso sem perder o contato com a sua pista.

- A ( )  $R = 8\sqrt{3}$  m
- B ( )  $R = 4(\sqrt{3} - 1)$  m
- C ( )  $R = 8(\sqrt{3} - 1)$  m
- D ( )  $R = 4(2\sqrt{3} - 1)$  m
- E ( )  $R = 40(\sqrt{3} - 1)/3$  m



**Questão 6.** Desde os idos de 1930, observações astronômicas indicam a existência da chamada matéria escura. Tal matéria não emite luz, mas a sua presença é inferida pela influência gravitacional que ela exerce sobre o movimento de estrelas no interior de galáxias. Suponha que, numa galáxia, possa ser removida sua matéria escura de massa específica  $\rho > 0$ , que se encontra uniformemente distribuída. Suponha também que no centro dessa galáxia haja um buraco negro de massa  $M$ , em volta do qual uma estrela de massa  $m$  descreve uma órbita circular. Considerando órbitas de mesmo raio na presença e na ausência de matéria escura, a respeito da força gravitacional resultante  $\vec{F}$  exercida sobre a estrela e seu efeito sobre o movimento desta, pode-se afirmar que

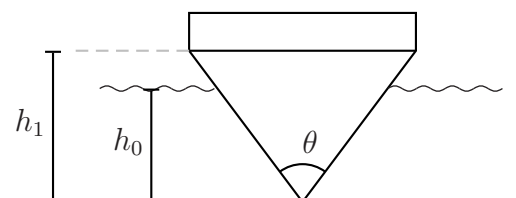
- A ( )  $\vec{F}$  é atrativa e a velocidade orbital de  $m$  não se altera na presença da matéria escura.
- B ( )  $\vec{F}$  é atrativa e a velocidade orbital de  $m$  é menor na presença da matéria escura.
- C ( )  $\vec{F}$  é atrativa e a velocidade orbital de  $m$  é maior na presença da matéria escura.
- D ( )  $\vec{F}$  é repulsiva e a velocidade orbital de  $m$  é maior na presença da matéria escura.
- E ( )  $\vec{F}$  é repulsiva e a velocidade orbital de  $m$  é menor na presença da matéria escura.

**Questão 7.** Diagramas causais servem para representar relações qualitativas de causa e efeito entre duas grandezas de um sistema. Na sua construção, utilizamos figuras como  $(r) \xrightarrow{+} (s)$  para indicar que o aumento da grandeza  $r$  implica aumento da grandeza  $s$  e  $(r) \xrightarrow{-} (s)$  para indicar que o aumento da grandeza  $r$  implica diminuição da grandeza  $s$ . Sendo  $a$  a aceleração,  $v$  a velocidade e  $x$  a posição, qual dos diagramas abaixo melhor representa o modelamento do oscilador harmônico?

- A ( )  $(a) \xrightarrow{+} (v) \xrightarrow{+} (x)$
- B ( )  $(a) \xrightarrow{-} (v) \xrightarrow{+} (x)$
- C ( )  $(a) \xrightarrow{+} (v) \xrightarrow{-} (x)$
- D ( )  $(a) \xrightarrow{-} (v) \xrightarrow{-} (x)$
- E ( )  $(a) \xrightarrow{-} (v) \xrightarrow{+} (x)$

**Questão 8.** Uma balsa tem o formato de um prisma reto de comprimento  $L$  e seção transversal como vista na figura. Quando sem carga, ela submerge parcialmente até a uma profundidade  $h_0$ . Sendo  $\rho$  a massa específica da água e  $g$  a aceleração da gravidade, e supondo seja mantido o equilíbrio hidrostático, assinale a carga  $P$  que a balsa suporta quando submersa a uma profundidade  $h_1$ .

- A ( )  $P = \rho g L (h_1^2 - h_0^2) \sin \theta$
- B ( )  $P = \rho g L (h_1^2 - h_0^2) \tan \theta$
- C ( )  $P = \rho g L (h_1^2 - h_0^2) \sin \theta / 2$
- D ( )  $P = \rho g L (h_1^2 - h_0^2) \tan \theta / 2$
- E ( )  $P = \rho g L (h_1^2 - h_0^2) 2 \tan \theta / 2$



**Questão 9.** Considere hipoteticamente duas bolas lançadas de um mesmo lugar ao mesmo tempo: a bola 1, com velocidade para cima de 30 m/s, e a bola 2, com velocidade de 50 m/s formando um ângulo de  $30^\circ$  com a horizontal. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , assinale a distância entre as bolas no instante em que a primeira alcança sua máxima altura.

- A ( )  $d = \sqrt{6250} \text{ m}$   
 B ( )  $d = \sqrt{7217} \text{ m}$   
 C ( )  $d = \sqrt{17100} \text{ m}$   
 D ( )  $d = \sqrt{19375} \text{ m}$   
 E ( )  $d = \sqrt{26875} \text{ m}$

**Questão 10.** Considere uma bola de basquete de 600 g a 5 m de altura e, logo acima dela, uma de tênis de 60 g. A seguir, num dado instante, ambas as bolas são deixadas cair. Supondo choques perfeitamente elásticos e ausência de eventuais resistências, e considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , assinale o valor que mais se aproxima da altura máxima alcançada pela bola de tênis em sua ascensão após o choque.

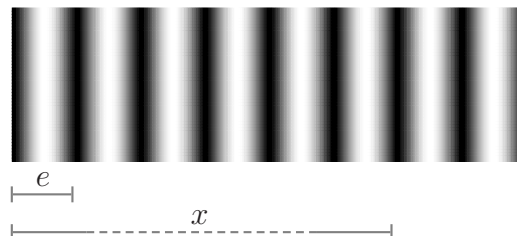
- A ( ) 5 m  
 B ( ) 10 m  
 C ( ) 15 m  
 D ( ) 25 m  
 E ( ) 35 m

**Questão 11.** Um espelho esférico convexo reflete uma imagem equivalente a  $3/4$  da altura de um objeto dele situado a uma distância  $p_1$ . Então, para que essa imagem seja refletida com apenas  $1/4$  da sua altura, o objeto deverá se situar a uma distância  $p_2$  do espelho, dada por

- A ( )  $p_2 = 9p_1$ .  
 B ( )  $p_2 = 9p_1/4$ .  
 C ( )  $p_2 = 9p_1/7$ .  
 D ( )  $p_2 = 15p_1/7$ .  
 E ( )  $p_2 = -15p_1/7$ .

**Questão 12.** Uma lâmina de vidro com índice de refração  $n$  em forma de cunha é iluminada perpendicularmente por uma luz monocromática de comprimento de onda  $\lambda$ . Os raios refletidos pela superfície superior e pela inferior apresentam uma série de franjas escuras com espaçamento  $e$  entre elas, sendo que a  $m$ -ésima encontra-se a uma distância  $x$  do vértice. Assinale o ângulo  $\theta$ , em radianos, que as superfícies da cunha formam entre si.

- A ( )  $\theta = \lambda/2ne$   
 B ( )  $\theta = \lambda/4ne$   
 C ( )  $\theta = (m + 1)\lambda/2nme$   
 D ( )  $\theta = (2m + 1)\lambda/4nme$   
 E ( )  $\theta = (2m - 1)\lambda/4nme$

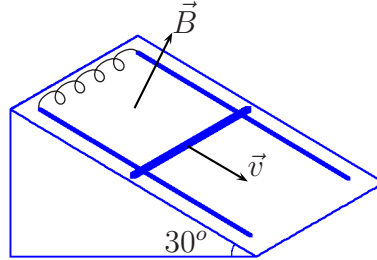


**Questão 13.** Uma carga  $q$  distribui-se uniformemente na superfície de uma esfera condutora, isolada, de raio  $R$ . Assinale a opção que apresenta a magnitude do campo elétrico e o potencial elétrico num ponto situado a uma distância  $r = R/3$  do centro da esfera.

- A ( )  $E = 0 \text{ V/m}$  e  $U = 0 \text{ V}$   
 B ( )  $E = 0 \text{ V/m}$  e  $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R}$   
 C ( )  $E = 0 \text{ V/m}$  e  $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{3q}{R}$   
 D ( )  $E = 0 \text{ V/m}$  e  $U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qr}{R^2}$   
 E ( )  $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{rq}{R^3}$  e  $U = 0 \text{ V}$

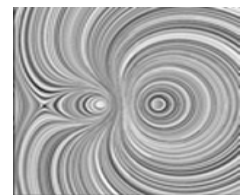
**Questão 14.** Uma haste metálica com 5,0 kg de massa e resistência de 2,0  $\Omega$  desliza sem atrito sobre duas barras paralelas separadas de 1,0 m, interligadas por um condutor de resistência nula e apoiadas em um plano de 30° com a horizontal, conforme a figura. Tudo encontra-se imerso num campo magnético  $\vec{B}$ , perpendicular ao plano do movimento, e as barras de apoio têm resistência e atrito desprezíveis. Considerando que após deslizar durante um certo tempo a velocidade da haste permanece constante em 2,0 m/s, assinale o valor do campo magnético.

- A ( ) 25,0 T
- B ( ) 20,0 T
- C ( ) 15,0 T
- D ( ) 10,0 T
- E ( ) 5,0 T



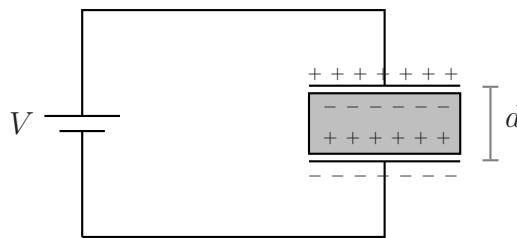
**Questão 15.** A figura representa o campo magnético de dois fios paralelos que conduzem correntes elétricas. A respeito da força magnética resultante no fio da esquerda, podemos afirmar que ela

- A ( ) atua para a direita e tem magnitude maior que a da força no fio da direita.
- B ( ) atua para a direita e tem magnitude igual à da força no fio da direita.
- C ( ) atua para a esquerda e tem magnitude maior que a da força no fio da direita.
- D ( ) atua para a esquerda e tem magnitude igual à da força no fio da direita.
- E ( ) atua para a esquerda e tem magnitude menor que a da força no fio da direita.



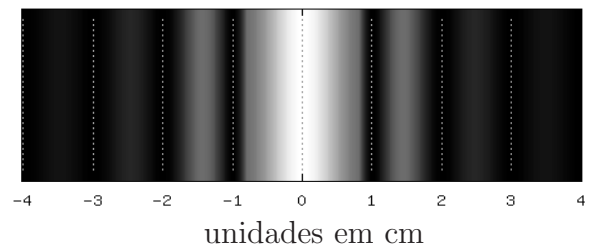
**Questão 16.** Na figura, o circuito consiste de uma bateria de tensão  $V$  conectada a um capacitor de placas paralelas, de área  $S$  e distância  $d$  entre si, dispondo de um dielétrico de permissividade elétrica  $\epsilon$  que preenche completamente o espaço entre elas. Assinale a magnitude da carga  $q$  induzida sobre a superfície do dielétrico.

- A ( )  $q = \epsilon V d$
- B ( )  $q = \epsilon S V / d$
- C ( )  $q = (\epsilon - \epsilon_0) V d$
- D ( )  $q = (\epsilon - \epsilon_0) S V / d$
- E ( )  $q = (\epsilon + \epsilon_0) S V / d$



**Questão 17.** Luz monocromática, com 500 nm de comprimento de onda, incide numa fenda retangular em uma placa, ocasionando a dada figura de difração sobre um anteparo a 10 cm de distância. Então, a largura da fenda é

- A ( ) 1,25  $\mu\text{m}$ .
- B ( ) 2,50  $\mu\text{m}$ .
- C ( ) 5,00  $\mu\text{m}$ .
- D ( ) 12,50  $\mu\text{m}$ .
- E ( ) 25,00  $\mu\text{m}$ .



**Questão 18.** Dentro de um elevador em queda livre num campo gravitacional  $g$ , uma bola é jogada para baixo com velocidade  $v$  de uma altura  $h$ . Assinale o tempo previsto para a bola atingir o piso do elevador.

- A ( )  $t = v/g$
- B ( )  $t = h/v$
- C ( )  $t = \sqrt{2h/g}$
- D ( )  $t = (\sqrt{v^2 + 2gh} - v)/g$
- E ( )  $t = (\sqrt{v^2 - 2gh} - v)/g$

**Questão 19.** Um cubo de 81,0 kg e 1,00 m de lado flutua na água cuja massa específica é  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ . O cubo é então calcado ligeiramente para baixo e, quando liberado, oscila em um movimento harmônico simples com uma certa frequência angular. Desprezando-se as forças de atrito e tomando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , essa frequência angular é igual a

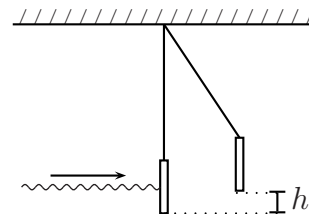
- A ( ) 100/9 rad/s.
- B ( ) 1000/81 rad/s.
- C ( ) 1/9 rad/s.
- D ( ) 9/100 rad/s.
- E ( ) 81/1000 rad/s.

**Questão 20.** Considere um pêndulo simples de comprimento  $L$  e massa  $m$  abandonado da horizontal. Então, para que não arrebente, o fio do pêndulo deve ter uma resistência à tração pelo menos igual a

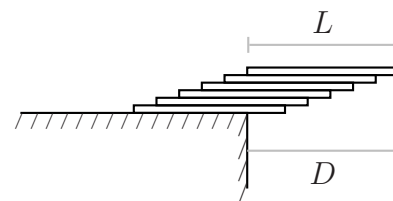
- A ( )  $mg$ .
- B ( )  $2mg$ .
- C ( )  $3mg$ .
- D ( )  $4mg$ .
- E ( )  $5mg$ .

**As questões dissertativas, numeradas de 21 a 30,  
devem ser resolvidas no caderno de soluções**

**Questão 21.** Um feixe de laser com energia  $E$  incide sobre um espelho de massa  $m$  dependurado por um fio. Sabendo que o momentum do feixe de luz laser é  $E/c$ , em que  $c$  é a velocidade da luz, calcule a que altura  $h$  o espelho subirá.



**Questão 22.** Chapas retangulares rígidas, iguais e homogêneas, são sobrepostas e deslocadas entre si, formando um conjunto que se apoia parcialmente na borda de uma calçada. A figura ilustra esse conjunto com  $n$  chapas, bem como a distância  $D$  alcançada pela sua parte suspensa. Desenvolva uma fórmula geral da máxima distância  $D$  possível de modo que o conjunto ainda se mantenha em equilíbrio. A seguir, calcule essa distância  $D$  em função do comprimento  $L$  de cada chapa, para  $n = 6$  unidades.

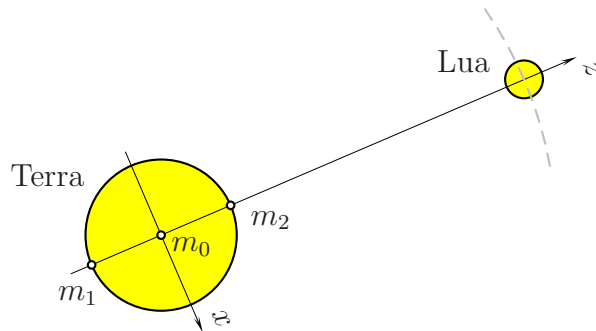


**Questão 23.** Em 1998, a hidrelétrica de Itaipu forneceu aproximadamente 87600 GWh de energia elétrica. Imagine então um painel fotovoltaico gigante que possa converter em energia elétrica, com rendimento de 20%, a energia solar incidente na superfície da Terra, aqui considerada com valor médio diurno (24 h) aproximado de  $170 \text{ W/m}^2$ . Calcule:

- a) a área horizontal (em  $\text{km}^2$ ) ocupada pelos coletores solares para que o painel possa gerar, durante um ano, energia equivalente àquela de Itaipu, e,
- b) o percentual médio com que a usina operou em 1998 em relação à sua potência instalada de 14000 MW.

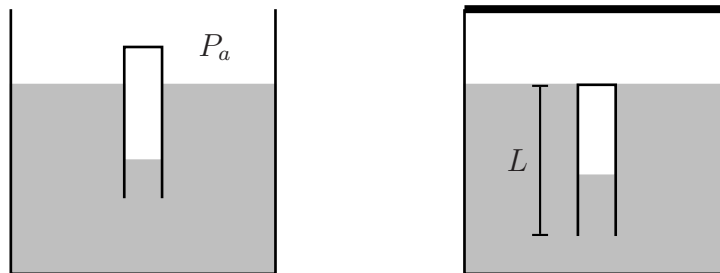
**Questão 24.** Num filme de ficção, um foguete de massa  $m$  segue uma estação espacial, dela aproximando-se com aceleração relativa  $a$ . Para reduzir o impacto do acoplamento, na estação existe uma mola de comprimento  $L$  e constante  $k$ . Calcule a deformação máxima sofrida pela mola durante o acoplamento sabendo-se que o foguete alcançou a mesma velocidade da estação quando dela se aproximou de uma certa distância  $d > L$ , por hipótese em sua mesma órbita.

**Questão 25.** Lua e Sol são os principais responsáveis pelas forças de maré. Estas são produzidas devido às diferenças na aceleração gravitacional sofrida por massas distribuídas na Terra em razão das respectivas diferenças de suas distâncias em relação a esses astros. A figura mostra duas massas iguais,  $m_1 = m_2 = m$ , dispostas sobre a superfície da Terra em posições diametralmente opostas e alinhadas em relação à Lua, bem como uma massa  $m_0 = m$  situada no centro da Terra. Considere  $G$  a constante de gravitação universal,  $M$  a massa da Lua,  $r$  o raio da Terra e  $R$  a distância entre os centros da Terra e da Lua. Considere, também,  $f_{0z}$ ,  $f_{1z}$  e  $f_{2z}$  as forças produzidas pela Lua respectivamente sobre as massas  $m_0$ ,  $m_1$  e  $m_2$ . Determine as diferenças  $(f_{1z} - f_{0z})$  e  $(f_{2z} - f_{0z})$  sabendo que deverá usar a aproximação  $\frac{1}{(1+x)^\alpha} = 1 - \alpha x$ , quando  $x \ll 1$ .

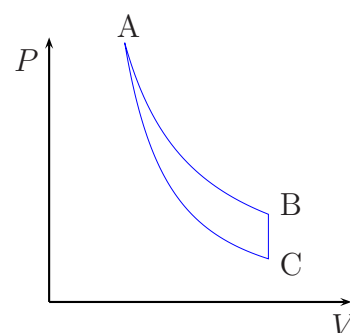


**Questão 26.** Para ilustrar os princípios de Arquimedes e de Pascal, Descartes emborcou na água um tubo de ensaio de massa  $m$ , comprimento  $L$  e área da seção transversal  $A$ . Sendo  $g$  a aceleração da gravidade,  $\rho$  a massa específica da água, e desprezando variações de temperatura no processo, calcule:

- o comprimento da coluna de ar no tubo, estando o tanque aberto sob pressão atmosférica  $P_a$ , e
- o comprimento da coluna de ar no tubo, de modo que a pressão no interior do tanque fechado possibilite uma posição de equilíbrio em que o topo do tubo se situe no nível da água (ver figura).



**Questão 27.** Três processos compõem o ciclo termodinâmico ABCA mostrado no diagrama  $P \times V$  da figura. O processo AB ocorre a temperatura constante. O processo BC ocorre a volume constante com decréscimo de 40 J de energia interna e, no processo CA, adiabático, um trabalho de 40 J é efetuado sobre o sistema. Sabendo-se também que em um ciclo completo o trabalho total realizado pelo sistema é de 30 J, calcule a quantidade de calor trocado durante o processo AB.



**Questão 28.** Três esferas condutoras, de raio  $a$  e carga  $Q$ , ocupam os vértices de um triângulo equilátero de lado  $b \gg a$ , conforme mostra a figura (1). Considere as figuras (2), (3) e (4), em que, respectivamente, cada uma das esferas se liga e desliga da Terra, uma de cada vez. Determine, nas situações (2), (3) e (4), a carga das esferas  $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$ , respectivamente, em função de  $a$ ,  $b$  e  $Q$ .

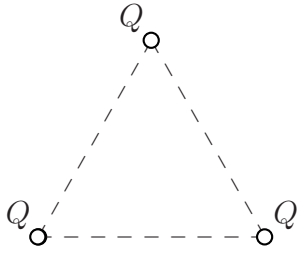


Fig. (1)

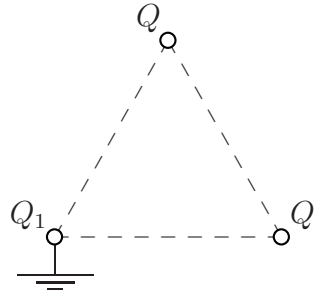


Fig. (2)

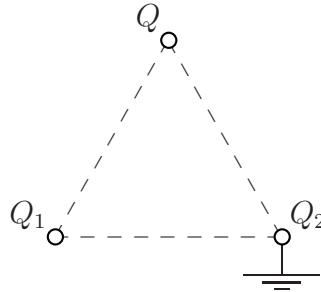


Fig. (3)

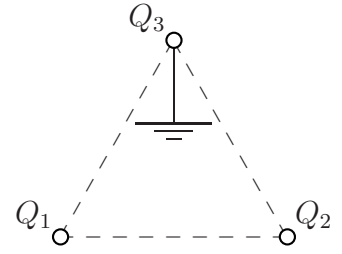
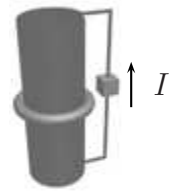
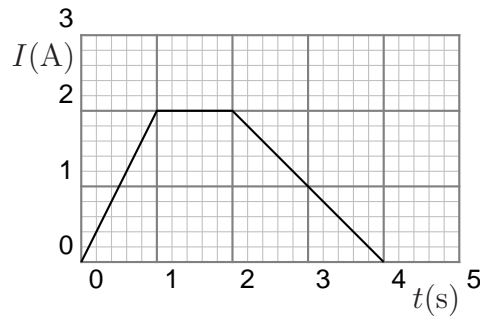


Fig. (4)

**Questão 29.** Um longo solenóide de comprimento  $L$ , raio  $a$  e com  $n$  espiras por unidade de comprimento, possui ao seu redor um anel de resistência  $R$ . O solenóide está ligado a uma fonte de corrente  $I$ , de acordo com a figura. Se a fonte variar conforme mostra o gráfico, calcule a expressão da corrente que flui pelo anel durante esse mesmo intervalo de tempo e apresente esse resultado em um novo gráfico.



**Questão 30.** Considere um circuito constituído por um gerador de tensão  $E = 122,4 \text{ V}$ , pelo qual passa uma corrente  $I = 12 \text{ A}$ , ligado a uma linha de transmissão com condutores de resistência  $r = 0,1 \Omega$ . Nessa linha encontram-se um motor e uma carga de 5 lâmpadas idênticas, cada qual com resistência  $R = 99 \Omega$ , ligadas em paralelo, de acordo com a figura. Determinar a potência absorvida pelo motor,  $P_M$ , pelas lâmpadas,  $P_L$ , e a dissipada na rede,  $P_r$ .

