

**Quando precisar use os seguintes valores para as constantes:** 1 ton de TNT =  $4,0 \times 10^9$  J. Aceleração da gravidade  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>. 1 atm =  $10^5$  Pa. Massa específica do ferro  $\rho = 8000$  kg/m<sup>3</sup>. Raio da Terra  $R = 6400$  km. Permeabilidade magnética do vácuo  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  N/A<sup>2</sup>.

**1.** Ondas acústicas são ondas de compressão, ou seja, propagam-se em meios compressíveis. Quando uma barra metálica é golpeada em sua extremidade, uma onda longitudinal propaga-se por ela com velocidade  $v = \sqrt{Ea/\rho}$ . A grandeza  $E$  é conhecida como módulo de Young, enquanto  $\rho$  é a massa específica e  $a$  uma constante adimensional. Qual das alternativas é condizente à dimensão de  $E$ ?

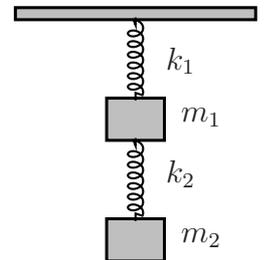
- A ( ) J/m<sup>2</sup>      B ( ) N/m<sup>2</sup>      C ( ) J/s·m      D ( ) kg·m/s<sup>2</sup>      E ( ) dyn/cm<sup>3</sup>

**Questão 2.** Considere uma rampa plana, inclinada de um ângulo  $\theta$  em relação à horizontal, no início da qual encontra-se um carrinho. Ele então recebe uma pancada que o faz subir até uma certa distância, durante o tempo  $t_s$ , descendo em seguida até sua posição inicial. A “viagem” completa dura um tempo total  $t$ . Sendo  $\mu$  o coeficiente de atrito cinético entre o carrinho e a rampa, a relação  $t/t_s$  é igual a

- A ( ) 2      D ( )  $1 + \sqrt{(\sin \theta + \mu)/|\cos \theta - \mu|}$   
 B ( )  $1 + \sqrt{(\tan \theta + \mu)/|\tan \theta - \mu|}$       E ( )  $1 - \sqrt{(\tan \theta + \mu)/|\tan \theta - \mu|}$   
 C ( )  $1 + \sqrt{(\cos \theta + \mu)/|\cos \theta - \mu|}$

**Questão 3.** Um elevador sobe verticalmente com aceleração constante e igual a  $a$ . No seu teto está preso um conjunto de dois sistemas massa-mola acoplados em série, conforme a figura. O primeiro tem massa  $m_1$  e constante de mola  $k_1$ , e o segundo, massa  $m_2$  e constante de mola  $k_2$ . Ambas as molas têm o mesmo comprimento natural (sem deformação)  $\ell$ . Na condição de equilíbrio estático relativo ao elevador, a deformação da mola de constante  $k_1$  é  $y$ , e a da outra,  $x$ . Pode-se então afirmar que  $(y - x)$  é

- A ( )  $[(k_2 - k_1)m_2 + k_2m_1](g - a)/k_1k_2$ .  
 B ( )  $[(k_2 + k_1)m_2 + k_2m_1](g - a)/k_1k_2$ .  
 C ( )  $[(k_2 - k_1)m_2 + k_2m_1](g + a)/k_1k_2$ .  
 D ( )  $[(k_2 + k_1)m_2 + k_2m_1](g + a)/k_1k_2 - 2\ell$ .  
 E ( )  $[(k_2 - k_1)m_2 + k_2m_1](g + a)/k_1k_2 + 2\ell$ .



**Questão 4.** Apoiado sobre patins numa superfície horizontal sem atrito, um atirador dispara um projétil de massa  $m$  com velocidade  $v$  contra um alvo a uma distância  $d$ . Antes do disparo, a massa total do atirador e seus equipamentos é  $M$ . Sendo  $v_s$  a velocidade do som no ar e desprezando a perda de energia em todo o processo, quanto tempo após o disparo o atirador ouviria o ruído do impacto do projétil no alvo?

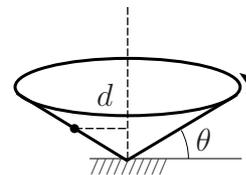
- A ( )  $\frac{d(v_s+v)(M-m)}{v(Mv_s-m(v_s+v))}$       C ( )  $\frac{d(v_s-v)(M+m)}{v(Mv_s+m(v_s+v))}$       E ( )  $\frac{d(v_s-v)(M-m)}{v(Mv_s+m(v_s+v))}$   
 B ( )  $\frac{d(v_s+v)(M+m)}{v(Mv_s+m(v_s+v))}$       D ( )  $\frac{d(v_s+v)(M-m)}{v(Mv_s-m(v_s-v))}$

**Questão 5.** Um gerador elétrico alimenta um circuito cuja resistência equivalente varia de 50 a 150  $\Omega$ , dependendo das condições de uso desse circuito. Lembrando que, com resistência mínima, a potência útil do gerador é máxima, então, o rendimento do gerador na situação de resistência máxima, é igual a

- A ( ) 0,25.      C ( ) 0,67.      E ( ) 0,90.  
 B ( ) 0,50.      D ( ) 0,75.

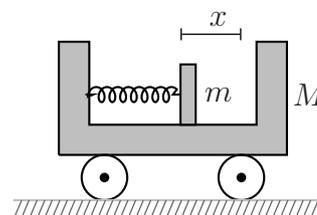
**Questão 6.** Um funil que gira com velocidade angular uniforme em torno do seu eixo vertical de simetria apresenta uma superfície cônica que forma um ângulo  $\theta$  com a horizontal, conforme a figura. Sobre esta superfície, uma pequena esfera gira com a mesma velocidade angular mantendo-se a uma distância  $d$  do eixo de rotação. Nestas condições, o período de rotação do funil é dado por

- A ( )  $2\pi\sqrt{d/g\sin\theta}$ .  
 B ( )  $2\pi\sqrt{d/g\cos\theta}$ .  
 C ( )  $2\pi\sqrt{d/g\tan\theta}$ .  
 D ( )  $2\pi\sqrt{2d/g\sin 2\theta}$ .  
 E ( )  $2\pi\sqrt{d\cos\theta/g\tan\theta}$ .



**Questão 7.** No interior de um carrinho de massa  $M$  mantido em repouso, uma mola de constante elástica  $k$  encontra-se comprimida de uma distância  $x$ , tendo uma extremidade presa e a outra conectada a um bloco de massa  $m$ , conforme a figura. Sendo o sistema então abandonado e considerando que não há atrito, pode-se afirmar que o valor inicial da aceleração do bloco relativa ao carrinho é

- A ( )  $kx/m$ .  
 B ( )  $kx/M$ .  
 C ( )  $kx/(m + M)$ .  
 D ( )  $kx(M - m)/mM$ .  
 E ( )  $kx(M + m)/mM$ .



**Questão 8.** Um corpo movimenta-se numa superfície horizontal sem atrito, a partir do repouso, devido à ação contínua de um dispositivo que lhe fornece uma potência mecânica constante. Sendo  $v$  sua velocidade após certo tempo  $t$ , pode-se afirmar que

- A ( ) a aceleração do corpo é constante.  
 B ( ) a distância percorrida é proporcional a  $v^2$ .  
 C ( ) o quadrado da velocidade é proporcional a  $t$ .  
 D ( ) a força que atua sobre o corpo é proporcional a  $\sqrt{t}$ .  
 E ( ) a taxa de variação temporal da energia cinética não é constante.

**Questão 9.** Acredita-se que a colisão de um grande asteroide com a Terra tenha causado a extinção dos dinossauros. Para se ter uma idéia de um impacto dessa ordem, considere um asteróide esférico de ferro, com 2 km de diâmetro, que se encontra em repouso quase no infinito, estando sujeito somente à ação da gravidade terrestre. Desprezando as forças de atrito atmosférico, assinale a opção que expressa a energia liberada no impacto, medida em número aproximado de bombas de hidrogênio de 10 megatons de TNT.

- A ( ) 1                      B ( ) 10                      C ( ) 500                      D ( ) 50.000                      E ( ) 1.000.000

**Questão 10.** Boa parte das estrelas do Universo formam sistemas binários nos quais duas estrelas giram em torno do centro de massa comum, CM. Considere duas estrelas esféricas de um sistema binário em que cada qual descreve uma órbita circular em torno desse centro. Sobre tal sistema são feitas duas afirmações:

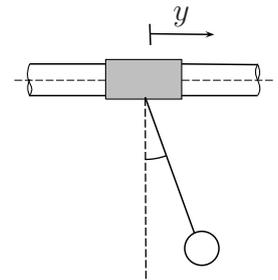
- I. O período de revolução é o mesmo para as duas estrelas e depende apenas da distância entre elas, da massa total deste binário e da constante gravitacional.  
 II. Considere que  $\vec{R}_1$  e  $\vec{R}_2$  são os vetores que ligam o CM ao respectivo centro de cada estrela. Num certo intervalo de tempo  $\Delta t$ , o raio vetor  $\vec{R}_1$  varre uma certa área  $A$ . Durante este mesmo intervalo de tempo, o raio vetor  $\vec{R}_2$  também varre uma área igual a  $A$ .

Diante destas duas proposições, assinale a alternativa correta.

- A ( ) As afirmações I e II são falsas.
- B ( ) Apenas a afirmação I é verdadeira.
- C ( ) Apenas a afirmação II é verdadeira.
- D ( ) As afirmações I e II são verdadeiras, mas a II não justifica a I.
- E ( ) As afirmações I e II são verdadeiras e, além disso, a II justifica a I.

**Questão 11.** Um cilindro vazado pode deslizar sem atrito num eixo horizontal no qual se apoia. Preso ao cilindro, há um cabo de 40 cm de comprimento tendo uma esfera na ponta, conforme figura. Uma força externa faz com que o cilindro adquira um movimento na horizontal do tipo  $y = y_0 \sin(2\pi ft)$ . Qual deve ser o valor de  $f$  em hertz para que seja máxima a amplitude das oscilações da esfera?

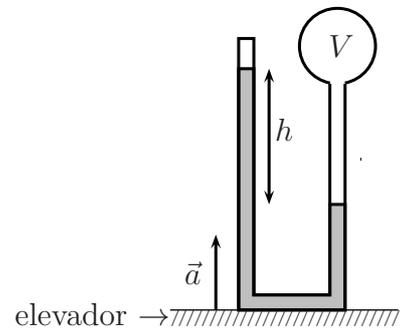
- A ( ) 0,40
- B ( ) 0,80
- C ( ) 1,3
- D ( ) 2,5
- E ( ) 5,0



**Questão 12.** No interior de um elevador encontra-se um tubo de vidro fino, em forma de U, contendo um líquido sob vácuo na extremidade vedada, sendo a outra conectada a um recipiente de volume  $V$  com ar mantido à temperatura constante. Com o elevador em repouso, verifica-se uma altura  $h$  de 10 cm entre os níveis do líquido em ambos os braços do tubo. Com o elevador subindo com aceleração constante  $\vec{a}$  (ver figura), os níveis do líquido sofrem um deslocamento de altura de 1,0 cm.

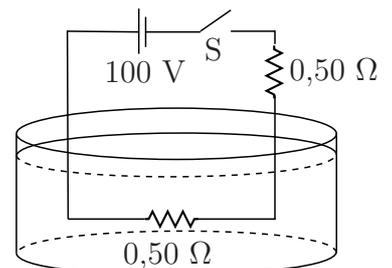
Pode-se dizer então que a aceleração do elevador é igual a

- A ( )  $-1,1 \text{ m/s}^2$ .
- B ( )  $-0,91 \text{ m/s}^2$ .
- C ( )  $0,91 \text{ m/s}^2$ .
- D ( )  $1,1 \text{ m/s}^2$ .
- E ( )  $2,5 \text{ m/s}^2$ .



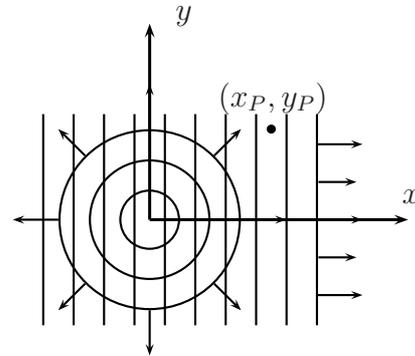
**Questão 13.** Conforme a figura, um circuito elétrico dispõe de uma fonte de tensão de 100 V e de dois resistores, cada qual de  $0,50 \Omega$ . Um resistor encontra-se imerso no recipiente contendo 2,0 kg de água com temperatura inicial de  $20^\circ\text{C}$ , calor específico  $4,18 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$  e calor latente de vaporização  $2230 \text{ kJ/kg}$ . Com a chave S fechada, a corrente elétrica do circuito faz com que o resistor imerso dissipe calor, que é integralmente absorvido pela água. Durante o processo, o sistema é isolado termicamente e a temperatura da água permanece sempre homogênea. Mantido o resistor imerso durante todo o processo, o tempo necessário para vaporizar 1,0 kg de água é

- A ( ) 67,0 s.
- B ( ) 223 s.
- C ( ) 256 s.
- D ( ) 446 s.
- E ( ) 580 s.



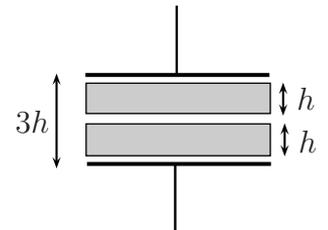
**Questão 14.** Em uma superfície líquida, na origem de um sistema de coordenadas encontra-se um emissor de ondas circulares transversais. Bem distante dessa origem, elas têm a forma aproximada dada por  $h_1(x, y, t) = h_0 \sin(2\pi(r/\lambda - ft))$ , em que  $\lambda$  é o comprimento de onda,  $f$  é a frequência e  $r$ , a distância de um ponto da onda até a origem. Uma onda plana transversal com a forma  $h_2(x, y, t) = h_0 \sin(2\pi(x/\lambda - ft))$  superpõe-se à primeira, conforme a figura. Na situação descrita, podemos afirmar, sendo  $\mathbb{Z}$  o conjunto dos números inteiros, que

- A ( ) nas posições  $(y_P^2/(2n\lambda) - n\lambda/8, y_P)$  as duas ondas estão em fase se  $n \in \mathbb{Z}$ .
- B ( ) nas posições  $(y_P^2/(2n\lambda) - n\lambda/2, y_P)$  as duas ondas estão em oposição de fase se  $n \in \mathbb{Z}$  e  $n \neq 0$ .
- C ( ) nas posições  $(y_P^2/(2n\lambda) - (n + 1/2)\lambda/2, y_P)$  as duas ondas estão em oposição de fase se  $n \in \mathbb{Z}$  e  $n \neq 0$ .
- D ( ) nas posições  $(y_P^2/((2n+1)\lambda) - (n+1/2)\lambda/2, y_P)$  as duas ondas estão em oposição de fase se  $n \in \mathbb{Z}$ .
- E ( ) na posição  $(2y_P^2/\lambda - \lambda/8, y_P)$  a diferença de fase entre as ondas é de  $45^\circ$ .



**Questão 15.** Um capacitor de placas paralelas de área  $A$  e distância  $3h$  possui duas placas metálicas idênticas, de espessura  $h$  e área  $A$  cada uma. Compare a capacitância  $C$  deste capacitor com a capacitância  $C_0$  que ele teria sem as duas placas metálicas.

- A ( )  $C = C_0$
- B ( )  $C > 4C_0$
- C ( )  $0 < C < C_0$
- D ( )  $C_0 < C < 2C_0$
- E ( )  $2C_0 < C < 4C_0$

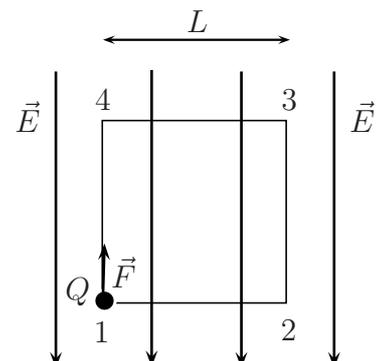


**Questão 16.** A figura mostra uma região espacial de campo elétrico uniforme de módulo  $E = 20 \text{ N/C}$ . Uma carga  $Q = 4 \text{ C}$  é deslocada com velocidade constante ao longo do perímetro do quadrado de lado  $L = 1 \text{ m}$ , sob ação de uma força  $\vec{F}$  igual e contrária à força coulombiana que atua na carga  $Q$ . Considere, então, as seguintes afirmações:

- I. O trabalho da força  $\vec{F}$  para deslocar a carga  $Q$  do ponto 1 para 2 é o mesmo do dispendido no seu deslocamento ao longo do caminho fechado 1-2-3-4-1.
- II. O trabalho de  $\vec{F}$  para deslocar a carga  $Q$  de 2 para 3 é maior que o para deslocá-la de 1 para 2.
- III. É nula a soma do trabalho da força  $\vec{F}$  para deslocar a carga  $Q$  de 2 para 3 com seu trabalho para deslocá-la de 4 para 1.

Então, pode-se afirmar que

- A ( ) todas são corretas.
- B ( ) todas são incorretas.
- C ( ) apenas a II é correta.
- D ( ) apenas a I é incorreta.
- E ( ) apenas a II e III são corretas.



**Questão 17.** Uma fonte luminosa uniforme no vértice de um cone reto tem iluminamento energético (fluxo energético por unidade de área)  $H_A$  na área  $A$  da base desse cone. O iluminamento incidente numa seção desse cone que forma ângulo de  $30^\circ$  com a sua base, e de projeção vertical  $S$  sobre esta, é igual a

**A** ( )  $AH_A/S$ .

**C** ( )  $AH_A/2S$ .

**E** ( )  $2AH_A/\sqrt{3}S$ .

**B** ( )  $SH_A/A$ .

**D** ( )  $\sqrt{3}AH_A/2S$ .

**Questão 18.** Alguns tipos de sensores piezorresistivos podem ser usados na confecção de sensores de pressão baseados em pontes de Wheatstone. Suponha que o resistor  $R_x$  do circuito da figura seja um piezorresistor com variação de resistência dada por  $R_x = kp + 10\ \Omega$ , em que  $k = 2,0 \times 10^{-4}\ \Omega/\text{Pa}$  e  $p$ , a pressão. Usando este piezorresistor na construção de um sensor para medir pressões na faixa de 0,10 atm a 1,0 atm, assinale a faixa de valores do resistor  $R_1$  para que a ponte de Wheatstone seja balanceada. São dados:  $R_2 = 20\ \Omega$  e  $R_3 = 15\ \Omega$ .

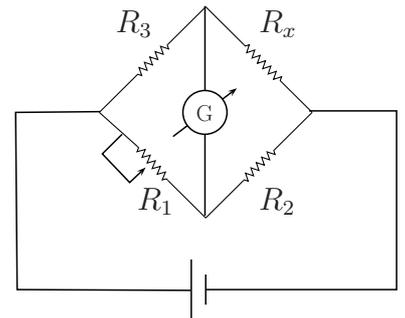
**A** ( ) De  $R_{1\text{min}} = 25\ \Omega$  a  $R_{1\text{max}} = 30\ \Omega$

**B** ( ) De  $R_{1\text{min}} = 20\ \Omega$  a  $R_{1\text{max}} = 30\ \Omega$

**C** ( ) De  $R_{1\text{min}} = 10\ \Omega$  a  $R_{1\text{max}} = 25\ \Omega$

**D** ( ) De  $R_{1\text{min}} = 9,0\ \Omega$  a  $R_{1\text{max}} = 23\ \Omega$

**E** ( ) De  $R_{1\text{min}} = 7,7\ \Omega$  a  $R_{1\text{max}} = 9,0\ \Omega$



**Questão 19.** Assinale em qual das situações descritas nas opções abaixo as linhas de campo magnético formam circunferências no espaço.

**A** ( ) Na região externa de um toroide.

**B** ( ) Na região interna de um solenoide.

**C** ( ) Próximo a um ímã com formato esférico.

**D** ( ) Ao redor de um fio retilíneo percorrido por corrente elétrica.

**E** ( ) Na região interna de uma espira circular percorrida por corrente elétrica.

**Questão 20.** Considere as seguintes afirmações:

**I.** As energias do átomo de Hidrogênio do modelo de Bohr satisfazem à relação,  $E_n = -13,6/n^2\ \text{eV}$ , com  $n = 1, 2, 3, \dots$ ; portanto, o elétron no estado fundamental do átomo de Hidrogênio pode absorver energia menor que 13,6 eV.

**II.** Não existe um limiar de frequência de radiação no efeito fotoelétrico.

**III.** O modelo de Bohr, que resulta em energias quantizadas, viola o princípio da incerteza de Heisenberg.

Então, pode-se afirmar que

**A** ( ) apenas a II é incorreta.

**D** ( ) apenas a I é incorreta.

**B** ( ) apenas a I e II são corretas.

**E** ( ) todas são incorretas.

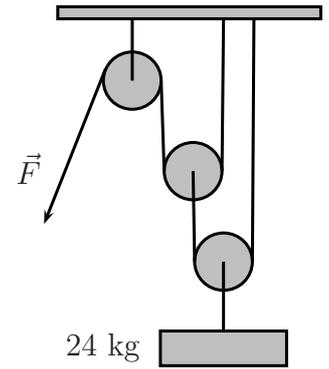
**C** ( ) apenas a I e III são incorretas.

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

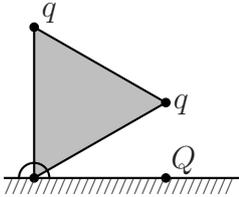
**Questão 21.** 100 cápsulas com água, cada uma de massa  $m = 1,0\ \text{g}$ , são disparadas à velocidade de  $10,0\ \text{m/s}$  perpendicularmente a uma placa vertical com a qual colidem inelasticamente. Sendo as cápsulas enfileiradas com espaçamento de  $1,0\ \text{cm}$ , determine a força média exercida pelas mesmas sobre a placa.

**Questão 22.** O arranjo de polias da figura é preso ao teto para erguer uma massa de 24 kg, sendo os fios inextensíveis, e desprezíveis as massas das polias e dos fios. Desprezando os atritos, determine:

1. O valor do módulo da força  $\vec{F}$  necessário para equilibrar o sistema.
2. O valor do módulo da força  $\vec{F}$  necessário para erguer a massa com velocidade constante.
3. A força ( $\vec{F}$  ou peso?) que realiza maior trabalho, em módulo, durante o tempo  $T$  em que a massa está sendo erguida com velocidade constante.

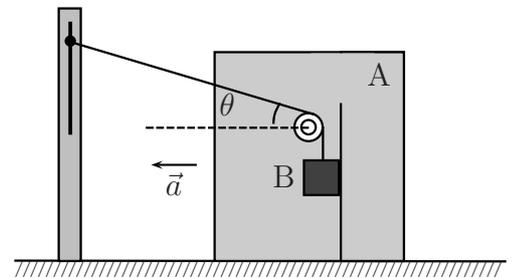


**Questão 23.** A figura mostra uma chapa fina de massa  $M$  com o formato de um triângulo equilátero, tendo um lado na posição vertical, de comprimento  $a$ , e um vértice articulado numa barra horizontal contida no plano da figura. Em cada um dos outros vértices encontra-se fixada uma carga elétrica  $q$  e, na barra horizontal, a uma distância  $a\sqrt{3}/2$  do ponto de articulação, encontra-se fixada uma carga  $Q$ . Sendo as três cargas de mesmo sinal e massa desprezível, determine a magnitude da carga  $Q$  para que o sistema permaneça em equilíbrio.



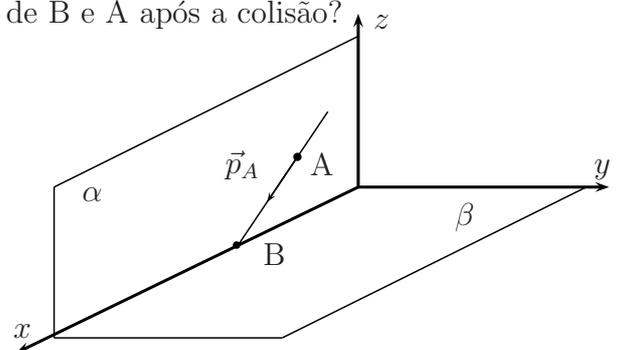
**Questão 24.** A figura mostra um sistema formado por dois blocos, A e B, cada um com massa  $m$ . O bloco A pode deslocar-se sobre a superfície plana e horizontal onde se encontra. O bloco B está conectado a um fio inextensível fixado à parede, e que passa por uma polia ideal com eixo preso ao bloco A. Um suporte vertical sem atrito mantém o bloco B descendo sempre paralelo a ele, conforme mostra a figura. Sendo  $\mu$  o coeficiente de atrito cinético entre o bloco A e a superfície,  $g$  a aceleração da gravidade,

e  $\theta = 30^\circ$  mantido constante, determine a tração no fio após o sistema ser abandonado do repouso.



**Questão 25.** Átomos neutros ultrafrios restritos a um plano são uma realidade experimental atual em armadilhas magneto-ópticas. Imagine que possa existir uma situação na qual átomos do tipo A e B estão restritos respectivamente aos planos  $\alpha$  e  $\beta$ , perpendiculares entre si, sendo suas massas tais que  $m_A = 2m_B$ . Os átomos A e B colidem elasticamente entre si não saindo dos respectivos planos, sendo as quantidades de movimento iniciais  $\vec{p}_A$  e  $\vec{p}_B$ , e as finais,  $\vec{q}_A$  e  $\vec{q}_B$ .  $\vec{p}_A$  forma um ângulo  $\theta$  com o plano ho-

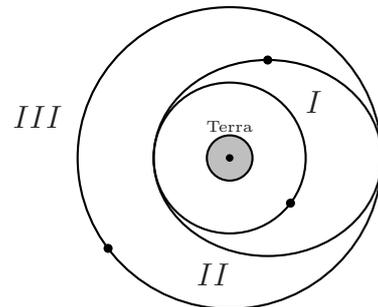
zontal e  $\vec{p}_B = 0$ . Sabendo que houve transferência de momento entre A e B, qual é a razão das energias cinéticas de B e A após a colisão?



**Questão 26.** Dois capacitores em série, de capacitância  $C_1$  e  $C_2$ , respectivamente, estão sujeitos a uma diferença de potencial  $V$ . O Capacitor de capacitância  $C_1$  tem carga  $Q_1$  e está relacionado com  $C_2$  através de  $C_2 = xC_1$ , sendo  $x$  um coeficiente de proporcionalidade. Os capacitores carregados são então desligados da fonte e entre si, sendo a seguir religados com os respectivos terminais de carga de mesmo sinal. Determine o valor de  $x$  para que a carga  $Q_2$  final do capacitor de capacitância  $C_2$  seja  $Q_1/4$ .

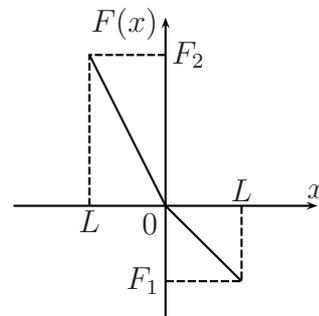
**Questão 27.** O momento angular é uma grandeza importante na Física. O seu módulo é definido como  $L = rpsen\theta$ , em que  $r$  é o módulo do vetor posição com relação à origem de um dado sistema de referência,  $p$  o módulo do vetor quantidade de movimento e  $\theta$  o ângulo por eles formado. Em particular, no caso de um satélite girando ao redor da Terra, em órbita elíptica ou circular, seu momento angular (medido em relação ao centro da Terra) é conservado. Considere, então, três satélites de mesma massa com órbitas diferentes entre si, I, II e III, sendo I e III circulares e II elíptica e tangencial a I e

III, como mostra a figura. Sendo  $L_I$ ,  $L_{II}$  e  $L_{III}$  os respectivos módulos do momento angular dos satélites em suas órbitas, ordene, de forma crescente,  $L_I$ ,  $L_{II}$  e  $L_{III}$ . Justifique com equações a sua resposta.



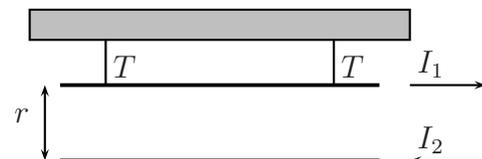
**Questão 28.** Uma partícula de massa  $m$  está sujeita exclusivamente à ação da força  $\vec{F} = F(x)\vec{e}_x$ , que varia de acordo com o gráfico da figura, sendo  $\vec{e}_x$  o versor no sentido positivo de  $x$ . Se em  $t = 0$ , a partícula se encontra em  $x = 0$  com velocidade  $v$  no sentido positivo de  $x$ , pedem-se:

1. O período do movimento da partícula em função de  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $L$  e  $m$ .
2. A máxima distância da partícula à origem em função de  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $L$ ,  $m$  e  $v$ .
3. Explicar se o movimento descrito pela partícula é do tipo harmônico simples.



**Questão 29.** Considere dois fios paralelos, muito longos e finos, dispostos horizontalmente conforme mostra a figura. O fio de cima pesa  $0,080 \text{ N/m}$ , é percorrido por uma corrente  $I_1 = 20 \text{ A}$  e se encontra dependurado por dois cabos. O fio de baixo encontra-se preso e é percorrido por uma corrente

$I_2 = 40 \text{ A}$ , em sentido oposto. Para qual distância  $r$  indicada na figura, a tensão  $T$  nos cabos será nula?



**Questão 30.** Considere uma espira com  $N$  voltas de área  $A$ , imersa num campo magnético  $\vec{B}$  uniforme e constante, cujo sentido aponta para dentro da página. A espira está situada inicialmente no plano perpendicular ao campo e possui uma resistência  $R$ . Se a espira gira  $180^\circ$  em torno do eixo mostrado na figura, calcule a carga que passa pelo ponto P.

