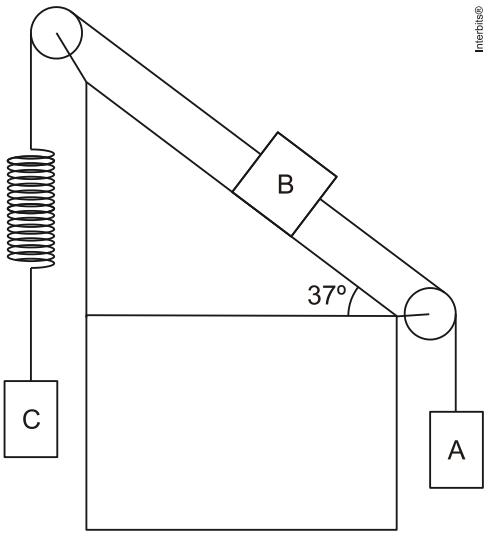
DINÂMICA II

1. (Mackenzie 2014) Ao montar o experimento abaixo no laboratório de Física, observa-se que o bloco A, de massa $3\ \text{kg}$, cai com aceleração de $2{,}4\ \text{m/s}^2$, e que a mola ideal, de constante elástica $1240\ \text{N/m}$, que suspende o bloco C, está distendida de $2\ \text{cm}$.

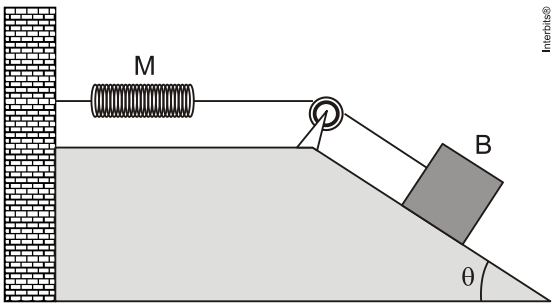


O coeficiente de atrito entre o bloco B e o plano inclinado é $0{,}4$. Um aluno determina acertadamente a massa do bloco B como sendo

Adote:
$g = 10\ \text{m/s}^2$,
$\cos 37° = \text{sen } 53° = 0{,}8$
$\cos 53° = \text{sen } 37° = 0{,}6$

a) $1{,}0\ \text{kg}$
b) $2{,}0\ \text{kg}$
c) $2{,}5\ \text{kg}$
d) $4{,}0\ \text{kg}$
e) $5{,}0\ \text{kg}$

2. (Mackenzie 2014) Na figura abaixo, a mola M, os fios e a polia possuem inércia desprezível e o coeficiente de atrito estático entre o bloco B, de massa $2{,}80\ \text{kg}$, e o plano inclinado é $\mu = 0{,}50$.



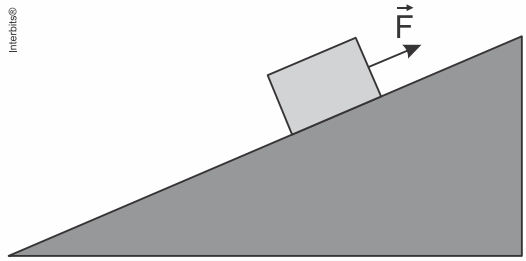
O sistema ilustrado se encontra em equilíbrio e representa o instante em que o bloco B está na iminência de entrar em movimento descendente. Sabendo-se que a constante elástica da

mola é $k = 350\ N/m$, nesse instante, a distensão da mola M, em relação ao seu comprimento natural é de

Dados: $g = 10\ m/s^2$, sen $\theta = 0{,}80$ e cos $\theta = 0{,}60$

a) $0{,}40$ cm
b) $0{,}20$ cm
c) $1{,}3$ cm
d) $2{,}0$ cm
e) $4{,}0$ cm

3**.** (Esc. Naval 2014) Observe a figura a seguir.



Um caixote pesando $50N$, no instante $t = 0$, se encontra em repouso sobre um plano muito longo e inclinado de $30°$ em relação à horizontal. Entre o caixote e o plano inclinado, o coeficiente de atrito estático é $0{,}20$ e o cinético é $0{,}10$. Sabe-se que a força $\vec{F}$, paralela ao plano inclinado, conforme indica a figura acima, tem intensidade igual a $36N$. No instante $t = 9s$, qual o módulo, em newtons, da força de atrito entre o caixote e o plano? Nesse mesmo instante, o bloco estará subindo, descendo ou permanece em repouso sobre o plano inclinado?

Dados:
$\text{sen}30° = 0{,}5$
$\cos 30° = 0{,}9$

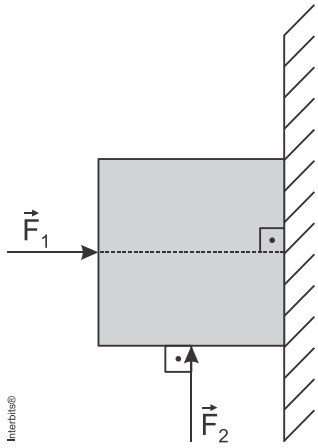
a) 14 e descendo.
b) 11 e permanece cm repouso.
c) $9{,}0$ e subindo.
d) $8{,}5$ e permanece em repouso.
e) $4{,}5$ e subindo.

4**.** (Ufpr 2014) Um avião voa numa trajetória retilínea e horizontal próximo à superfície da Terra. No interior da aeronave, uma maleta está apoiada no chão. O coeficiente de atrito estático entre a maleta e o chão do avião é μ e a aceleração da gravidade no local do voo é g. Considerando esta situação, analise as seguintes afirmativas:

1. Se a maleta não se mover em relação ao chão do avião, então um passageiro pode concluir corretamente, sem acesso a qualquer outra informação, que o avião está se deslocando com velocidade constante em relação ao solo.
2. Se o avião for acelerado com uma aceleração superior a μg, então o passageiro verá a maleta se mover para trás do avião, enquanto um observador externo ao avião, em repouso em relação à superfície da Terra, verá a maleta se mover no mesmo sentido em que o avião se desloca.
3. Para um mesmo valor da aceleração da aeronave em relação à Terra, com módulo maior que μg, maletas feitas de mesmo material e mesmo tamanho, mas com massas diferentes, escorregarão no interior do avião com o mesmo valor da aceleração em relação ao chão da aeronave.

Assinale a alternativa correta.
a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
b) Somente a afirmativa 3 é verdadeira.
c) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
d) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
e) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.

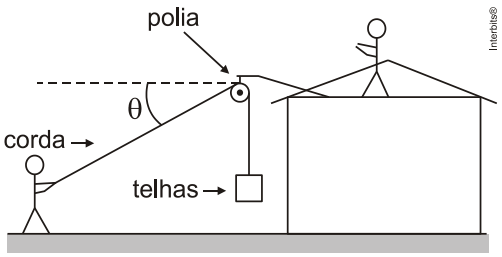
5. (Esc. Naval 2014) Observe a figura a seguir.



Na figura acima, o bloco de massa $m = 2{,}0\ kg$ que está encostado na parede é mantido em repouso devido à ação de duas forças, $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$, cujos módulos variam no tempo segundo as respectivas equações $F_1 = F_0 + 2{,}0t$ e $F_2 = F_0 + 3{,}0t$, onde a força é dada em newtons e o tempo, em segundos. Em $t = 0$, o bloco está na iminência de entrar em movimento de descida, sendo o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a parede igual a $0{,}6$. Em $t = 3{,}0\ s$, qual o módulo, em newtons, a direção e o sentido da força de atrito?

Dado: $g = 10\,m/s^2$
a) $7{,}5$ e vertical para cima.
b) $7{,}5$ e vertical para baixo.
c) $4{,}5$ e vertical para cima.
d) $1{,}5$ e vertical para cima.
e) $1{,}5$ e vertical para baixo.

6. (Espcex (Aman) 2014) Um trabalhador da construção civil tem massa de 70 kg e utiliza uma polia e uma corda ideais e sem atrito para transportar telhas do solo até a cobertura de uma residência em obras, conforme desenho abaixo.



desenho ilustrativo - fora de escala

O coeficiente de atrito estático entre a sola do sapato do trabalhador e o chão de concreto é $\mu_e = 1{,}0$ e a massa de cada telha é de 2 kg.
O número máximo de telhas que podem ser sustentadas em repouso, acima do solo, sem que

o trabalhador deslize, permanecendo estático no solo, para um ângulo θ entre a corda e a horizontal, é:

Dados:

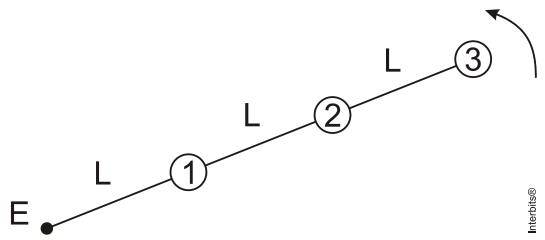
Aceleração da gravidade : $g = 10\ m/s^2$

$\cos\theta = 0,8$

$\text{sen}\theta = 0,6$

a) 30
b) 25
c) 20
d) 16
e) 10

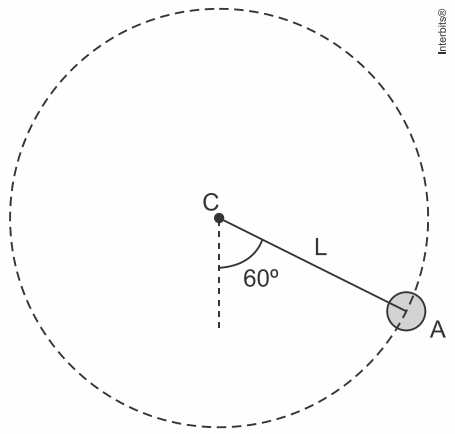
7**.** (Upe 2014) Três partículas idênticas de massa 0,5 kg giram em um plano sem atrito, perpendicular ao eixo de rotação E, conectadas por barras de massas desprezíveis e comprimentos L = 1,0 m cada uma. Observe a figura a seguir:



Sabendo-se que a tensão na barra que une as partículas 2 e 3 vale 13,5 N e que a velocidade angular de rotação do sistema é constante, determine o módulo da velocidade tangencial da partícula 1.

a) 1 m/s
b) 2 m/s
c) 3 m/s
d) 4 m/s
e) 5 m/s

8**.** (Esc. Naval 2014) Observe a figura a seguir.

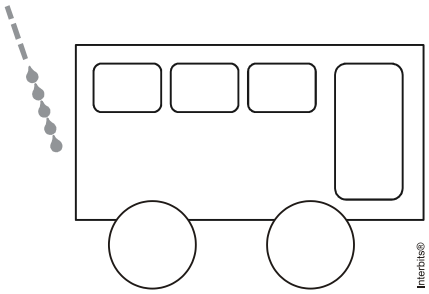


A figura acima mostra uma esfera presa à extremidade de um fio ideal de comprimento L, que tem sua outra extremidade presa ao ponto fixo C. A esfera possui velocidade v_A no ponto A quando o fio faz um ângulo de $60°$ com a vertical. Sendo ainda, v_A igual à velocidade mínima que a esfera deve ter no ponto A, para percorrer urna trajetória circular de raio L, no plano

vertical, e sendo B, o ponto da trajetória onde a esfera tem velocidade de menor módulo, qual é a razão entre as velocidades nos pontos B e A, v_B/v_A?

a) zero
b) $1/4$
c) $1/3$
d) $1/2$
e) $\sqrt{\frac{1}{2}}$

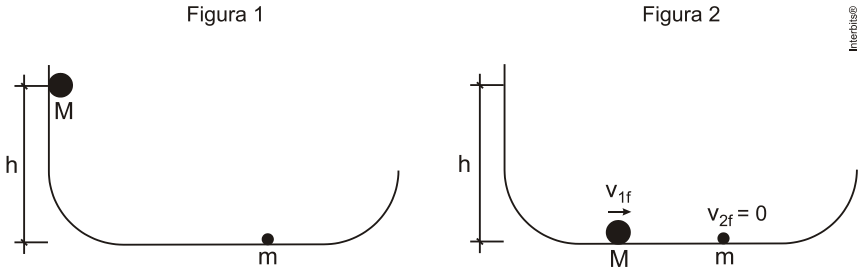
9. (Uece 2014) Um ônibus trafega horizontalmente em linha reta e com velocidade constante, de módulo *V*.
Durante a viagem chove, além de haver um vento soprando na mesma direção do movimento do ônibus, conforme a figura abaixo. Isso faz com que os pingos de chuva caiam com velocidade *v*, em módulo, seguindo trajetórias retilíneas que fazem um ângulo $0° < \theta < 90°$ com a vertical. Considere as velocidades medidas em relação ao solo.



Para que os pingos de chuva não atinjam diretamente a parte traseira vertical do ônibus, deve-se ter

a) $v > V / \text{sen}\,\theta$.
b) $v > 2V / \text{sen}\,\theta$.
c) $v < V / \text{sen}\,\theta$.
d) $v = 2V / \text{sen}\,\theta$.

10. (Uel 2014) Analise as figuras a seguir.



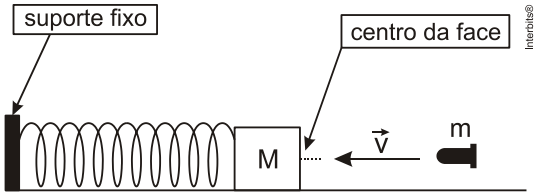
Uma partícula 1 com massa M, inicialmente em repouso, que está a uma altura de h = 1, 25 m, desliza sem atrito por uma calha, como esquematizado na Figura 1. Essa partícula colide elasticamente com a partícula 2 com massa m, inicialmente em repouso. Após a colisão, a velocidade horizontal final da partícula 1 é v_1f = 4,5 m/s.

Utilizando a aceleração da gravidade g = 10 m/s^2, calcule

a) a velocidade horizontal da partícula 1 antes da colisão.
b) a velocidade horizontal da partícula 2 após a colisão e a altura máxima que ela atinge.

Apresente os cálculos.

11**.** (Espcex (Aman) 2014) Um bloco de massa M=180 g está sobre urna superfície horizontal sem atrito, e prende-se a extremidade de uma mola ideal de massa desprezível e constante elástica igual a $2 \cdot 10^3\ N/m$. A outra extremidade da mola está presa a um suporte fixo, conforme mostra o desenho. Inicialmente o bloco se encontra em repouso e a mola no seu comprimento natural, Isto é, sem deformação.



desenho ilustrativo - fora de escala

Um projétil de massa m=20 g é disparado horizontalmente contra o bloco, que é de fácil penetração. Ele atinge o bloco no centro de sua face, com velocidade de v=200 m/s. Devido ao choque, o projétil aloja-se no interior do bloco. Desprezando a resistência do ar, a compressão máxima da mola é de:
a) 10,0 cm
b) 12,0 cm
c) 15,0 cm
d) 20,0 cm
e) 30,0 cm

12**.** (Udesc 2014) Um satélite está em uma órbita circular em torno de um planeta de massa *M* e raio *R* a uma altitude *H*. Assinale a alternativa que representa a velocidade escalar adicional que o satélite precisa adquirir para escapar completamente do planeta.

a) $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$

b) $\sqrt{\frac{2GM}{R+H}}$

c) $\sqrt{\frac{GM}{R+H}}$

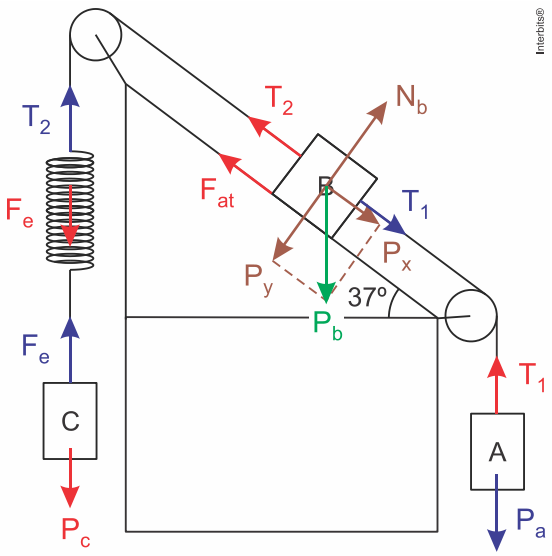
d) $\left(\sqrt{2}-1\right)\sqrt{\frac{GM}{R+H}}$

e) $\sqrt{\frac{GM}{R}}$

Gabarito:

Resposta da questão 1:
[E]

O diagrama de corpo livre para o sistema de blocos é mostrado abaixo:



Para o bloco A, aplicando a segunda lei de Newton:
$F_R = m \cdot a$

$P_A - T_1 = m_A \cdot a \Rightarrow T_1 = m_A \cdot (g - a)$
$T_1 = 3\ kg \cdot (10 - 2{,}4) m/s^2 \therefore T_1 = 22{,}8\ N$

Para o cálculo de T_2 observa-se que tem o mesmo valor da força elástica F_e :
$T_2 = F_e = k \cdot x \Rightarrow T_2 = 1240\ N/m \cdot 0{,}02\ m \therefore T_2 = 24{,}8\ N$

No corpo B, primeiramente calculamos as componentes do peso nas direções tangencial P_X e perpendicular ao plano inclinado P_Y.

$P_X = P_B \cdot sen\ 37° \Rightarrow P_X = m_B \cdot g \cdot sen\ 37° \Rightarrow P_X = 10 m/s^2 \cdot 0{,}6 \cdot m_B$
$\therefore P_X = 6\ m_B$

$P_Y = P_B \cdot cos\ 37° \Rightarrow P_Y = m_B \cdot g \cdot cos\ 37° \Rightarrow P_Y = 10 m/s^2 \cdot 0{,}8 \cdot m_B$
$\therefore P_Y = 8\ m_B$ e para o equilíbrio no plano $\therefore P_Y = N_B$

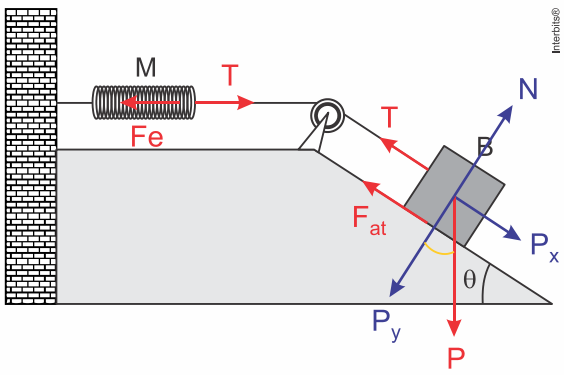
$F_{at} = \mu \cdot N_B = \mu \cdot P_Y$
$F_{at} = 0{,}4 \cdot 8\ m_B = 3{,}2\ m_B$

Aplicando a 2ª lei de Newton no corpo B, temos:
$F_R = m \cdot a$

$$P_X + T_1 - T_2 - F_{at} = m_B \cdot a$$
$$6\ m_B + 22{,}8\ N - 24{,}8\ N - 3{,}2\ m_B = 2{,}4\ m_B$$
$$m_B = \frac{2}{0{,}4} \therefore m_B = 5\ kg$$

Resposta da questão 2:
[E]

Para o corpo B representado na figura, aplicamos a 2ª lei de Newton:



Como o sistema está em equilíbrio estático, a força resultante é nula.
$$P_X - T - F_{at} = 0 \quad (1)$$

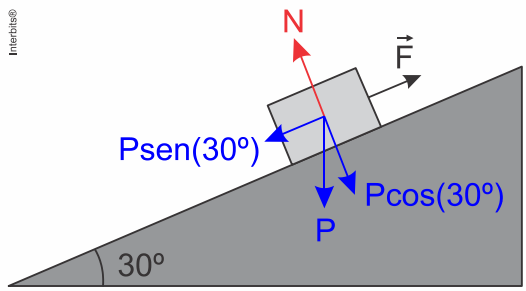
E ainda:
$$P_X = P_B \cdot \text{sen}\ \theta \Rightarrow P_X = m_B \cdot g \cdot \text{sen}\ \theta$$
$$F_{at} = \mu \cdot N_B = \mu \cdot P_Y = \mu \cdot m_B \cdot g \cdot \cos\theta$$
$$T = F_e = k \cdot x$$

Substituindo essas equações em (1):
$$m_B \cdot g \cdot \text{sen}\ \theta - k \cdot x - \mu \cdot m_B \cdot g \cdot \cos\theta = 0$$

Isolando a deformação na mola
$$x = \frac{m_B \cdot g}{k} \cdot (\text{sen}\ \theta - \mu \cdot \cos\theta)$$
$$x = \frac{2{,}8\ kg \cdot 10\ m/s^2}{350\ N/m} \cdot (0{,}8 - 0{,}5 \cdot 0{,}6) \therefore x = 0{,}04\ m = 4\ cm$$

Resposta da questão 3:
[E]

Fazendo a decomposição das forças da figura, tem-se:



Calculando as componentes da força peso:

$P \cdot \text{sen}(30°) = 50 \cdot 0{,}5 = 25\ \text{N}$

$P \cdot \cos(30°) = 50 \cdot 0{,}9 = 45\ \text{N}$

Como $\vec{F} > P \cdot \text{sen}(30°)$, o bloco está subindo o plano inclinado!

Como o bloco está em movimento, deve ser utilizado o coeficiente de atrito cinético dado na questão para o cálculo a seguir.

$F_{at_c} = \mu_c \cdot N$

$F_{at_c} = \mu_c \cdot P \cdot \cos(30°)$

$F_{at_c} = 0{,}1 \cdot 45$

$F_{at_c} = 4{,}5\ \text{N}$

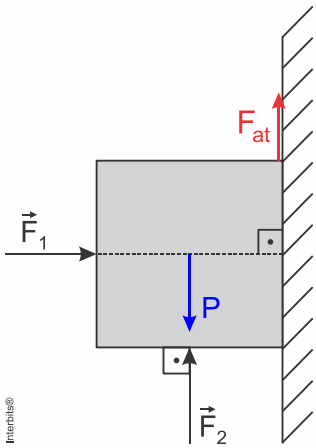
Resposta da questão 4:
[D]

[1] **Incorreta**. A maleta pode ser impedida de se mover pela ação da força de atrito.
[2] **Correta.** Se a trajetória é retilínea e horizontal, a intensidade (**N**) da força normal é igual a do peso (**P = m g**), e a força resultante sobre a maleta é a força de atrito. Assim, na iminência de a maleta escorregar:
$F_{res} = m\ a \Rightarrow \mu\ N = m\ a \Rightarrow \mu\ \cancel{m}\ g = \cancel{m}\ a \Rightarrow a = \mu\ g.$
[3] **Correta.** Como mostrado no item anterior, a aceleração independe da massa, dependendo apenas do coeficiente de atrito entre o materiais e da intensidade do campo gravitacional local.

Comentário: *nas afirmativas [2] e [3] deveria estar especificado que o movimento do avião é retilíneo e horizontal.*

Resposta da questão 5:
[E]

No instante $t = 0\ \text{s}$,



$F_2 = P - F_{at} = m \cdot g - \mu \cdot N$

Nessa situação, $N = F_1$

$F_0 + 3{,}0 \cdot (0) = 2 \cdot 10 - 0{,}6 \cdot (F_0 + 2{,}0 \cdot (0))$

$F_0 = 20 - 0{,}6 \cdot F_0$

$1{,}6 \cdot F_0 = 20$

$F_0 = 12{,}5\ \text{N}$

No instante de tempo $t = 3\ s$,

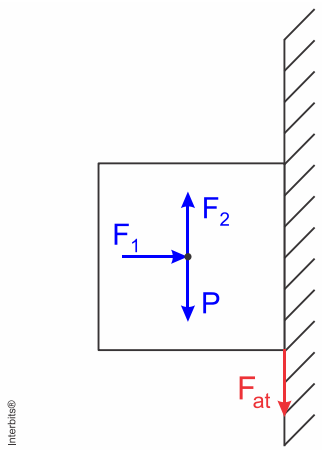
$F_1 = 12{,}5 + 2{,}0 \cdot 3$

$F_1 = 18{,}5\ N$

$F_2 = 12{,}5 + 3 \cdot 3$

$F_2 = 21{,}5\ N$

Como $F_2 > P \quad \Rightarrow$ <u>A força de atrito neste momento será para baixo</u>.



Assim,

$P + F_{at} = F_2$

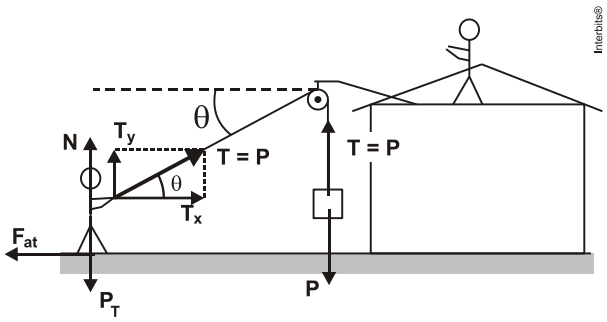
$F_{at} = 21{,}5 - 20$

$F_{at} = 1{,}5\ N$

Resposta da questão 6:
[B]

Dados: M = 70 kg; m = 2 kg; $\mu = 1{,}0$;

A figura mostra as forças atuantes nas telhas e no trabalhador.



Como se trata de repouso, tanto as forças atuantes no trabalhador como nas telhas estão equilibradas. Sendo $\mathbf{P_1}$ o peso de uma telha e **n** a quantidade de telhas suspensas, temos:

- Nas telhas:

$T = P = n\ P_1 \quad \Rightarrow \quad T = n\ m\ g.$

- No trabalhador:

$$\begin{cases} F_{at} = T_x \Rightarrow F_{at} = T\cos\theta \Rightarrow F_{at} = n\ m\ g\cos\theta. \\ N + T_y = P_T \Rightarrow N = M\ g - T\ \text{sen}\ \theta \Rightarrow N = M\ g - n\ m\ g\ \text{sen}\ \theta. \end{cases}$$

Na iminência de escorregar, a componente de atrito nos pés do trabalhador atinge intensidade máxima.

$$F_{at_{máx}} = n\ m\ g\cos\theta \Rightarrow \mu\ N = n\ m\ g\cos\theta \Rightarrow$$

$$\mu\ (M\ g - n\ m\ g\ \text{sen}\ \theta) = n\ m\ g\cos\theta \Rightarrow$$

$$\mu\ M\ \cancel{g} = \mu\ n\ m\ \cancel{g}\ \text{sen}\ \theta + n\ m\ \cancel{g}\cos\theta$$

$$\mu\ M = \mu\ n\ m\ \text{sen}\ \theta + n\ m\cos\theta \Rightarrow n = \frac{\mu\ M}{m(\mu\ \text{sen}\ \theta + \cos\theta)} \Rightarrow$$

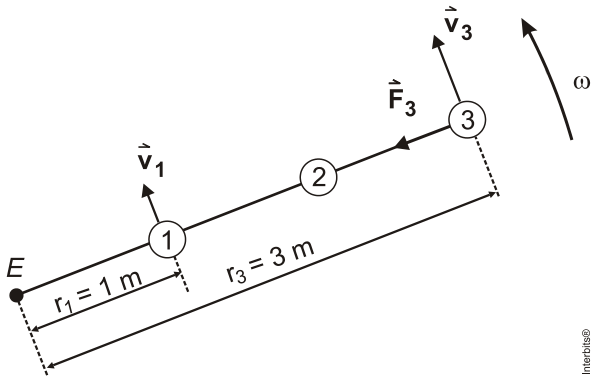
$$\frac{1 \cdot 70}{2 \cdot (1 \cdot 0{,}8 + 0{,}6)} = \frac{70}{2{,}8} \Rightarrow$$

n = 25.

Resposta da questão 7:
[C]

Observação: O termo **tensão** tem a dimensão de **força/área**, a mesma de **pressão**. Se o enunciado está se referindo apenas à força suportada pela barra, o termo correto é **tração**.

Dados: **m** = 0,5 kg; $\mathbf{r_1}$ = **L** = 1 m; $\mathbf{r_3}$ = 3 L = 3 m; $\mathbf{F_3}$ = 13,5 N.



Considerando que o referido plano seja horizontal, na partícula 3, a tração na barra age como resultante centrípeta. Sendo a velocidade angular a mesma para as três esferas, temos:

$$R_{C3} = F_3 = m\ \omega^2\ r_3 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{F_3}{m\ r_3}} = \sqrt{\frac{13{,}5}{0{,}5 \cdot 3}} = \sqrt{9} \Rightarrow \omega = 3\ \text{rad/s}.$$

$$v_1 = \omega\ r_1 = 3 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{v_1 = 3\ \text{m/s}.}$$

Resposta da questão 8:
[D]

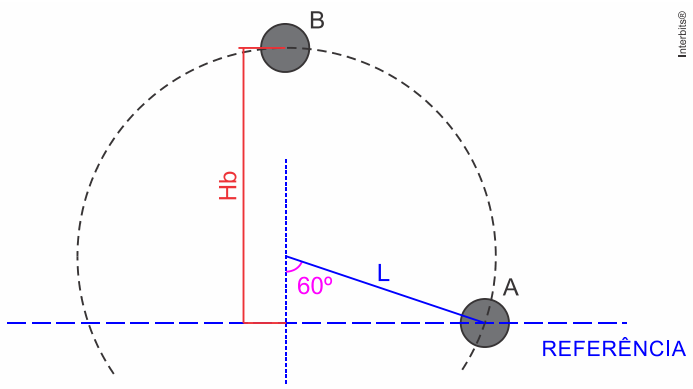
No ponto mais alto da trajetória (Ponto B), tem-se o valor mínimo da velocidade. Nesta posição,

$$P = F_c$$

$$m \cdot g = \frac{m \cdot v_b^2}{R}$$

Como $R = L$

$$v_b^2 = g \cdot L$$



Tendo $Ha = 0 \Rightarrow$ Referência

$$E_{M_a} = E_{M_b}$$

$$E_{C_a} + E_{P_a} = E_{C_b} + E_{P_b}$$

$$\frac{m \cdot v_a^2}{2} = \frac{m \cdot v_b^2}{2} + m \cdot g \cdot (L + L \cdot \cos 60°)$$

$$\frac{m \cdot v_a^2}{2} = \frac{m \cdot v_b^2}{2} + m \cdot g \cdot \left(\frac{3 \cdot L}{2}\right)$$

$$v_a^2 = v_b^2 + 3 \cdot g \cdot L$$

Substituindo o valor da velocidade no ponto B, tem-se:

$$v_a^2 = g \cdot L + 3 \cdot g \cdot L$$

$$v_a^2 = 4 \cdot g \cdot L$$

Assim,

$$\frac{v_b^2}{v_a^2} = \frac{g \cdot L}{4 \cdot g \cdot L}$$

$$\frac{v_b}{v_a} = \sqrt{\frac{g \cdot L}{4 \cdot g \cdot L}}$$

$$\frac{v_b}{v_a} = \frac{1}{2}$$

Resposta da questão 9:
[C]

Para que as gotas de chuva não atinjam a parte traseira, as gotas devem cair, em relação ao ônibus, verticalmente, ou inclinadas para trás.

As figuras mostram a velocidade das gotas ($\mathbf{v_g}$) para um referencial no ônibus, para os dois casos.

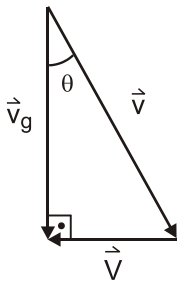


Fig 1

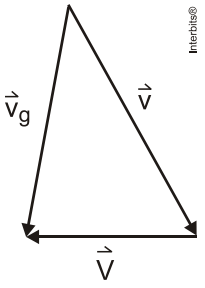


Fig 2

Na *Fig 1:*
$V = v \text{ sen } \theta.$

Na *Fig 2:*

$$V > v \text{ sen } \theta \quad \Rightarrow \quad v \text{ sen } \theta < V \quad \Rightarrow \quad \boxed{v < \frac{V}{\text{sen } \theta}.}$$

Resposta da questão 10:
Nota: há incompatibilidade entre o enunciado e a figura 2: a figura mostra que $\mathbf{v_{1f}}$ é a velocidade da partícula 1 **antes** da colisão, enquanto que o enunciado afirma que a velocidade da partícula 1 **depois** da colisão é $\mathbf{v_{1f}}$ = 4,5 m/s.

a) Cálculo da velocidade da partícula 1 antes da colisão ($\mathbf{v_{1a}}$), usando a conservação da energia mecânica:

$$\cancel{M}\, g\, h = \frac{\cancel{M}\, v_{1a}^2}{2} \Rightarrow v_{1a} = \sqrt{2\, g\, h} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1{,}25} = \sqrt{25} \Rightarrow$$

$$\boxed{v_{1a} = 5 \text{ m/s.}}$$

b) Adotando:
$\mathbf{v_{1a}}$: velocidade da partícula 1 antes da colisão $\rightarrow$ $\mathbf{v_{1a}}$ = 5 m/s;
$\mathbf{v_{1f}}$: velocidade da partícula 1 depois da colisão $\rightarrow$ $\mathbf{v_{1f}}$ = 4,5 m/s;
$\mathbf{v_{2a}}$: velocidade da partícula 2 antes da colisão $\rightarrow$ $\mathbf{v_{1a}}$ = 0 m/s;
$\mathbf{v_{2f}}$: velocidade da partícula 2 depois da colisão $\rightarrow$ $\mathbf{v_{2f}}$ = ? (a determinar)

Como o choque é perfeitamente elástico, o coeficiente de restituição, **e = 1**.

$$e = \frac{v_{afastamento}}{v_{aproximação}} \Rightarrow e = \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{1a} - v_{2a}} \Rightarrow 1 = \frac{v_{2f} - 4{,}5}{5 - 0} \Rightarrow v_{2f} - 4{,}5 = 5 \Rightarrow$$

$$\boxed{v_{2f} = 9{,}5 \text{ m/s.}}$$

Usando novamente a conservação da energia mecânica para a partícula 2, calculamos a altura máxima ($\mathbf{h_f}$) que ela atinge:

$$\cancel{m}\, g\, h_f = \frac{\cancel{m}\, v_{2f}^2}{2\, g} \Rightarrow h_f = \frac{v_{2f}^2}{2\, g} = \frac{9{,}5^2}{20} = \frac{90{,}25}{20} \Rightarrow$$

$$\boxed{h_f = 4{,}125 \text{ m.}}$$

Resposta da questão 11:
[D]

Dados: $M = 180g = 18 \times 10^{-2} kg;\ m = 20g = 2 \times 10^{-2} kg;\ k = 2 \times 10^{-3} N/m;\ v = 200 m/s.$

Pela conservação da quantidade de movimento calculamos a velocidade do sistema (**v_s**) depois da colisão:

$$Q_{sist}^{depois} = Q_{sist}^{antes} \Rightarrow (M+m)v_s = m\ v \Rightarrow 200\ v_s = 20 \cdot 200 \Rightarrow v_s = 20 \text{ m/s}.$$

Depois da colisão, o sistema é conservativo. Pela conservação da energia mecânica calculamos a máxima deformação (**x**) sofrida pela mola.

$$E_{Mec}^{inicial} = E_{Mec}^{final} \Rightarrow \frac{(M+m)v_s^2}{\cancel{2}} = \frac{k\ x^2}{\cancel{2}} \Rightarrow x = v_s\sqrt{\frac{M+m}{k}} \Rightarrow$$

$$x = 20 \cdot \sqrt{\frac{(18+2)\cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^3}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-3}}} = 20 \cdot \sqrt{10^{-4}} \Rightarrow x = 20 \cdot 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow$$

$x =$ 20 cm.

Resposta da questão 12:
[D]

A órbita circular do satélite tem raio (R+H). Sendo órbita circular, a força gravitacional age como resultante centrípeta. Assim, considerando **v_0** a velocidade orbital e **m** a massa do satélite, temos:

$$F = R_{cent} \Rightarrow \frac{G\ M\ m}{(R+H)^2} = \frac{m\ v_0^2}{(R+H)} \Rightarrow v_0^2 = \frac{G\ M}{R+H} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{G\ M}{R+H}}.$$

A velocidade mínima adicional para o satélite escapar do campo gravitacional do planeta, é aquela que permite que ele atinja velocidade nula no “infinito”, ou seja, a energia mecânica final deve ser nula.
Então, pela conservação da energia mecânica, com a nova velocidade (**v**), vem:

$$(E_{mec})_{órbita} = (E_{mec})_{infinito} \Rightarrow \frac{-G\ M\ m}{R+H} + \frac{m\ v^2}{2} = 0 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\ G\ M}{R+H}} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{2}\sqrt{\frac{G\ M}{R+H}}.$$

Calculando a diferença entre as velocidades:

$$\Delta v = v - v_0 = \sqrt{2}\sqrt{\frac{G\ M}{R+H}} - \sqrt{\frac{G\ M}{R+H}} \Rightarrow \boxed{\Delta v = \left(\sqrt{2} - 1\right)\sqrt{\frac{G\ M}{R+H}}.}$$