CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO À FÍSICA

Exercícios

1. d

2. Como os sólidos são maciços e de aço, todos afundam na água. O volume do recipiente cúbico é:
$V_0 = (4\ \text{dm})^3 = 64\ \text{dm}^3$
O volume de água contido no recipiente é:
$V_1 = 56\ \ell = 56\ \text{dm}^3$
$V_0 - V_1 = 64\ \text{dm}^3 - 56\ \text{dm}^3 = 8\ \text{dm}^3$
Portanto, para que não haja transbordamento de água, o volume (V) do sólido colocado no recipiente deve ser tal que:

$$V \leqslant 8\ \text{dm}^3$$

Esfera:
$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 \cong \frac{4}{3}(3{,}14)(\sqrt[3]{2})^3 \cong \frac{4(3{,}14)(2)}{3} > 8$$
Cilindro:
$$V = \pi R^2 H \cong (3{,}14)(\sqrt{2})^2(\sqrt{2}) \cong (3{,}14)(2)(1{,}41) > 8$$
Paralelepípedo:
$$V = \sqrt{3}\sqrt{3}\sqrt{7} = 3\sqrt{7} \cong (3)(2{,}65) \cong 7{,}94 < 8$$
Pirâmide:
$$V = \frac{1}{3}(\sqrt{12})^2(\sqrt{5}) = 4\sqrt{5} \cong 4(2{,}24) > 8$$
Resposta: *c*.

3. a

4. d

5. b

6. $H = 2{,}5\ \text{cm} = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{m};\ \pi = 3$
$$V = \pi R^2 H = 3\left(\frac{\sqrt{t}}{5}\right)^2 (2{,}5 \cdot 10^{-2}) =$$
$$= \frac{(3)(2{,}5)(10^{-2})}{25}t = 3 \cdot 10^{-3}\,t$$
$t = 4\ \text{min} \Rightarrow V = 3 \cdot 10^{-2}(4) = 12 \cdot 10^{-3} = 0{,}012\ \text{m}^3$
Resposta: *e*.

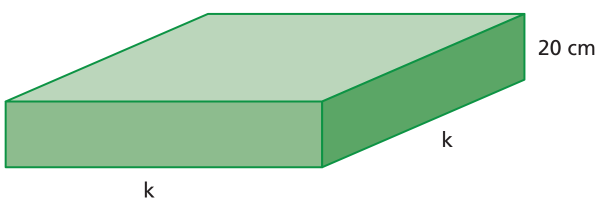
7. b

8. a

9. c

10. $V = (500)(170\ \ell) = 85 \cdot 10^3\ \ell = 85\ \text{m}^3$
A ordem de grandeza de 85 é 10^2.
Resposta: *b*.

11.



LUIZ FERNANDO RUBIO

$$\begin{cases} V = 18\ \ell = 18 \cdot 10^3\ \text{cm}^3 \\ V = k^2(20) \end{cases}$$

$k^2(20) = 18 \cdot 10^3 \Rightarrow k^2 = 900 \Rightarrow k = 30\ \text{cm}$
$V = k^3 = (30\ \text{cm})^3 = 27 \cdot 10^3\ \text{cm}^3 = 27\ \ell$
Resposta: *a*.

12. c

CAPÍTULO 2 – INTRODUÇÃO À MECÂNICA

Exercícios complementares

1. Supõe-se que no vagão fechado a resistência do ar seja desprezível.
Para o referencial no trem a bolinha está em queda livre vertical.
Para o referencial no solo (estação) a trajetória é parabólica.
Resposta: *c*.

2. Como se considera a resistência do ar, a bomba perde velocidade horizontal.
Resposta: *c*.

3. Como o movimento é retilíneo e uniforme, o pêndulo não sofre inclinação.
A posição *b* ocorre no movimento acelerado.
A posição *c* ocorre no movimento retardado.
A posição *a* ocorre em duas situações: MRU ou repouso. Na realidade, não existe nenhum modo de se determinar o sentido do MRU pois o trem não tem janelas.
Resposta: *a*.

CAPÍTULO 3 – VELOCIDADE ESCALAR

Exercícios complementares

1. A questão deve ser resolvida com o referencial no navio. No instante em que a luneta se desprende, sua velocidade é nula e ela é acelerada verticalmente pela gravidade. Logo, ao tocar o solo do navio, a distância ao mastro é *L*.
Resposta: *e*.

2. A onda *s* atinge a posição $x = 1\,500$ km no instante $t_s = 3{,}0$ min. A onda *p* atinge a posição $x = 1\,500$ km no instante $t_p = 5{,}0$ min.
Então:
$\Delta t = 5{,}0\ \text{min} - 3{,}0\ \text{min} \Rightarrow \Delta t = 2{,}0\ \text{min}$
Resposta: *b*.

3. O encontro de *A* com *B* se dá no cruzamento dos dois gráficos, o que ocorre duas vezes:
$t_1 = 10\ \text{s}$ e $t_2 = 20\ \text{s}$
Logo: $\Delta t = 20\ \text{s} - 10\ \text{s} \Rightarrow \Delta t = 10\ \text{s}$
Resposta: *b*.

4. d

5. Por ter corrido, o gráfico, a partir do instante $t_1 = 2$ min, deslocou-se para cima e no instante $t_2 = 13$ min retornou à posição 1 L/min. A área é numericamente igual ao consumo (C).

$C \overset{N}{=}$ área do trapézio $= \dfrac{(B + b) \cdot h}{2}$

$C = \dfrac{(11 + 9) \cdot 1}{2} \Rightarrow C = 10$ L de O_2

1 L de O_2 ------- 20 kJ

10 L de O_2 ------- x = 200 kJ

Resposta: *c*.

6. Consumo entre $t_1 = 3$ min e $t_2 = 12$ min:

$C = 10 \cdot 2 \Rightarrow C = 20$ L de O_2

Distância percorrida:

1 L ------- 100 m

20 L ------ d

$d = 2\,000 \text{ m} = 2{,}0 \text{ km}$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2{,}0 \text{ km}}{10 \text{ min}} = \frac{2{,}0}{10}\left(\frac{\text{km}}{\cancel{\text{min}}}\right) \cdot \left(\frac{60\ \cancel{\text{min}}}{1 \text{ h}}\right) \Rightarrow$$

$\Rightarrow \boxed{v = 12 \text{ km/h}}$

Resposta: *e*.

7. c

8. $L = v_1 \cdot \Delta t_1 \Rightarrow \Delta t_1 = \dfrac{L}{v_1}$

$L = v_2 \cdot \Delta t_2 \Rightarrow \Delta t_2 = \dfrac{L}{v_2}$

$v_2 > v_1 \Rightarrow T = \Delta t_1 - \Delta t_2 \Rightarrow T = \dfrac{L}{v_1} - \dfrac{L}{v_2}$

$T = \dfrac{Lv_2 - Lv_1}{v_1 \cdot v_2} = \dfrac{L(v_2 - v_1)}{v_1 \cdot v_2}$

$L = \dfrac{T \cdot v_1 \cdot v_2}{v_2 - v_1}$

Resposta: d.

9. c

10.

a) Seja T o instante em que $h = 5$ m:

$\dfrac{15T - 120}{T - 12} = 5$

$15T - 120 = 5(T - 12)$

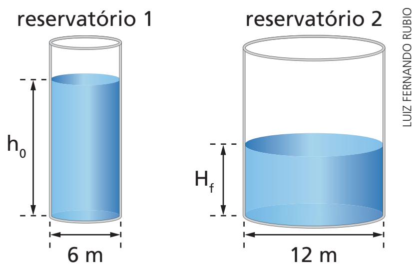
$15T - 120 = 5T - 60$

$10T = 60 \Rightarrow \boxed{T = 6{,}0 \text{ h}}$

Seja t_2 o instante em que esvaziou:

$\dfrac{15t_2 - 120}{t_2 - 12} = 0 \Rightarrow \boxed{t_2 = 8{,}0 \text{ h}}$

b)



1º) Cálculo de h_0 (altura inicial em 1):

$h_0 = \dfrac{0 - 120}{0 - 12} = 10$ m

2º) Volume inicial em (1):

$V_1 = \dfrac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_0$

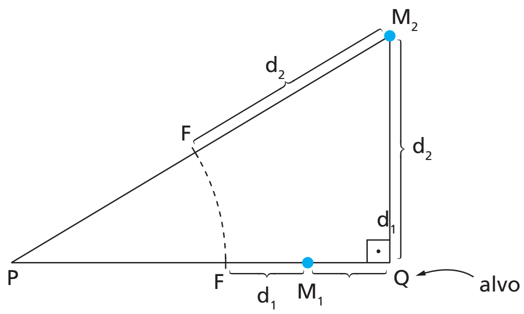
$V_1 = \dfrac{\pi \cdot 6^2}{4} \cdot 10 \Rightarrow \boxed{V_1 = 90\,\pi \text{ m}^3}$

3º) Volume final em (2) e cálculo de H_f:

$V_f = \dfrac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H_f \Rightarrow \dfrac{\cancel{\pi} \cdot 6^2}{\cancel{4}} \cdot 10 = \dfrac{\cancel{\pi} \cdot 12^2}{\cancel{4}} \cdot H_f$

Logo: $\boxed{H_f = 2{,}5 \text{ m}}$

11. Consideremos o triângulo retângulo construído a partir da figura abaixo.



P: local do tiro (posição inicial)

M_1: primeiro detector de som

M_2: segundo detector de som

v: velocidade do projétil

v_s: velocidade do som

Quando o projétil atingiu o alvo em Q, o som ainda caminhava e sua "frente de onda" estava em F (veja na figura).

Considerações:

1º) para que M_1 detecte ao mesmo tempo o som do disparo e o som do impacto no alvo, devemos impor:
$\overline{FM_1} = \overline{QM_1} = d_1 = v_s \cdot \Delta t_1$ (1)

2º) para que M_2 detecte ao mesmo tempo o som do disparo e o som do impacto, devemos impor:
$\overline{FM_2} = \overline{QM_2} = d_2 = v_s \cdot \Delta t_2$ (2)

Certamente teremos: $\Delta t_2 > \Delta t_1$

Na figura temos:

$\overline{PF} + 2d_1 = \overline{PQ}$ (3)

$\overline{PF} + d_2 = \overline{PM_2}$ (4)

O trecho $\overline{PQ}$ foi percorrido pelo projétil:

$\overline{PQ} = v \cdot T$ (5)

Ao mesmo tempo T o som chegou a F:

$\overline{PF} = v_s \cdot T$ (6)

Usando as equações (3), (5) e (6):

$v_s \cdot T + 2d_1 = v \cdot T$

$2d_1 = v \cdot T - v_s \cdot T$

$2d_1 = T(v - v_s)$

$d_1 = \dfrac{T(v - v_s)}{2}$ (7)

Para obtermos uma relação com d_2, temos de usar o Teorema de Pitágoras:
$(\overline{PM_2})^2 = (\overline{PQ})^2 + (\overline{QM_2})^2$
Substituindo as equações 4, 5 e 2, vem:
$(\overline{PF} + d_2)^2 = (v \cdot T)^2 + (d_2)^2$
Usando agora a equação 6:
$(v_S \cdot T + d_2)^2 = (v \cdot T)^2 + (d_2)^2$
$v_S^2 \cdot T^2 + 2v_S \cdot T \cdot d_2 + \cancel{d_2^2} = v^2 \cdot T^2 + \cancel{d_2^2}$

$$d_2 = \frac{v^2 \cdot T^2 - v_S \cdot T^2}{2 \cdot v_S \cdot T} = \frac{T\,(v_2 - v_S^2)}{2\,v_S} \qquad 8$$

A razão $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)$ pedida se obtém com as equações 7 e 8:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{\dfrac{T\,(v - v_S)}{2}}{\dfrac{T\,(v^2 - v_S^2)}{2v_S}} = \frac{(v - v_S) \cdot v_S}{(v^2 - v_S^2)}$$

O termo do lado direito poderia ter sido simplificado, mas a resposta não seria encontrada.
Resposta: *a*.

CAPÍTULO 4 – MOVIMENTO UNIFORME

Exercícios complementares

1. a) $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

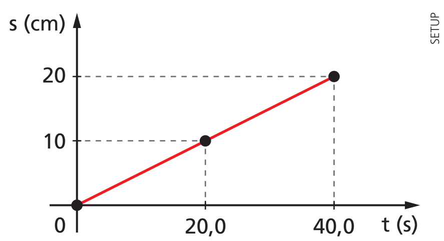
$$v = \frac{5{,}0 - 0}{10{,}0 - 0} = \frac{10{,}0 - 5{,}0}{20{,}0 - 10{,}0} = \frac{20{,}0 - 0}{40{,}0 - 0} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \boxed{v = 0{,}50\ \text{cm/s}}$

b) O movimento é uniforme.

c) $s = s_0 + v \cdot t$
$s = 0 + 0{,}50t \Rightarrow \boxed{s = 0{,}50t}$ (unidades do SI)

d)



2. 1º) $v_{rel} = |v_1| + |v_2| = 12{,5}\ \text{m/s}$

2º) $v_{rel} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 12{,}5 = \frac{150}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 12{,}0\ \text{s}$

3º) $d = |v|\Delta t$
$d_1 = 5{,}0 \cdot 12{,}0\ (\text{m}) \Rightarrow \boxed{d_1 = 60\ \text{m}}$
$d_2 = 7{,}5 \cdot 12{,}0\ (\text{m}) \Rightarrow \boxed{d_2 = 90\ \text{m}}$

3. a) Em sentidos opostos. Tomando o referencial em *B*, o móvel *A* terá uma velocidade relativa de:
$v_{rel} = 8{,}0\ \text{m/s} + 6{,}0\ \text{m/s} = 14\ \text{m/s}$
$\Delta s_{rel} = v_{rel} \cdot \Delta t_1$
$140 = 14 \cdot \Delta t_1 \Rightarrow \boxed{\Delta t_1 = 10\ \text{s}}$

b) No mesmo sentido.
$v_{rel} = 8{,}0\ \text{m/s} - 6{,}0\ \text{m/s} = 2{,}0\ \text{m/s}$
$\Delta s_{rel} = v_{rel} \cdot \Delta t_2$
$140 = 2{,}0 \cdot \Delta t_2 \Rightarrow \boxed{\Delta t_2 = 70\ \text{s}}$

4. $+10\ \text{m/s}$

5. d

6. Vamos resolver por equação horária:
$s_A = s_0 + v_A \cdot t$
Orientando a trajetória para a direita e tomando em *A* a origem das abscissas:
$s_A = 0 + 2{,}0t \Rightarrow s_A = 2{,}0t$ (SI)
$s_B = s_0 + v_B \cdot t$
$v_B = -3{,}0\ \text{m/s};\ s_0 = 15{,}0\ \text{m}$
$s_B = +15{,}0 - 3{,}0t$ (SI)
No encontro: $s_A = s_B$
$2{,}0t_e = 15{,}0\ t - 3{,}0t_e$
$t_e = 3{,}0\ \text{s}$
$s_e = 2{,}0t_e = 2{,}0 \cdot 3{,}0 = 6{,}0\ \text{m}$
A bola *B* terá percorrido $|\Delta s|$ tal que:
$|\Delta s| = 15{,}0 - 6{,}0 \Rightarrow \boxed{|\Delta s| = 9{,}0\ \text{m}}$
Resposta: *d*.

7. a

8.

a) A distância d_1 percorrida pelo mais rápido até o segundo encontro no ponto *C* é:
$d_1 = 700 + \overset{\frown}{AC}$
$d_1 = 700\ \text{m} + 200\ \text{m} \Rightarrow d_1 = 900\ \text{m}$
Então:
$v_1 = \frac{d_1}{\Delta t} \Rightarrow v_1 = \frac{900\ \text{m}}{100\ \text{s}} \Rightarrow \boxed{v_1 = 9{,}0\ \text{m/s}}$
A distância d_2 percorrida pelo mais lento é o arco $\overset{\frown}{AC}$ medido no sentido horário:
$d_2 = 700 - \overset{\frown}{AC} \Rightarrow d_2 = 700 - 200 \Rightarrow d_2 = 500\ \text{m}$
Então:
$v_2 = \frac{d_2}{\Delta t} \Rightarrow v_2 = \frac{500\ \text{m}}{100\ \text{s}} \Rightarrow \boxed{v_2 = 5{,}0\ \text{m/s}}$

b) Como eles estão em sentidos opostos:
$v_{rel} = |v_1| + |v_2|$
$v_{rel} = 9{,}0\ \text{m/s} + 5{,}0\ \text{m/s} \Rightarrow \boxed{v_{rel} = 14{,}0\ \text{m/s}}$

c) $v_{rel} \cdot \Delta t = \Delta s_{rel}$
$14 \cdot T = 700 \Rightarrow \boxed{T = 50\ \text{s}}$ (metade do tempo gasto até o segundo encontro em *C*).

CAPÍTULO 5 – MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO

Exercícios complementares

1. I. Correta. Tomando-se o referencial em *B:*
$\alpha_{rel} = \alpha_A - \alpha_B = 5{,}0\ \text{m/s}^2 - 5{,}0\ \text{m/s}^2 = 0$
Logo, o movimento é retilíneo e uniforme.

$v_{rel} = v_A - v_B = 5{,}0 \text{ m/s} - 3{,}0 \text{ m/s} = 2{,}0 \text{ m/s}$
Concluindo: se aproxima de *B* com velocidade de 2,0 m/s, em MRU.

II. Errada. Também se aproxima de *A*, em MRU.

III. Errada.
$\alpha_{rel} = 0$; logo, é MRU.

IV. Correta.
$\Delta s_{rel} = v_{rel} \cdot \Delta t$ (é um MRU)
$12 = 2{,}0 \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = 6{,}0 \text{ s}$

Resposta: *c*.

2. a_c = aceleração da cabina em relação ao referencial no solo
a_m = aceleração da moeda em relação ao referencial no solo
$a_c = 1{,}2 \cdot g$; $a_m = g$; ambas são verticais para baixo
$a_{rel} = a_c - a_m = 1{,}2 \cdot g - 1{,}0 \cdot g$
$a_{rel} = 0{,}2 \cdot g$
A velocidade relativa inicial da moeda com referencial no elevador é zero.

1º) $\Delta s_{rel} = (v_{rel}) \cdot t + \left(\frac{a_{rel}}{2}\right) \cdot t^2$
$2{,}25 = 0 + 0{,}1 \cdot g \cdot T^2$
Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \boxed{T = 1{,}5 \text{ s}}$

2º) Cálculo da velocidade v_1 da moeda ao atingir o teto, com o referencial no teto:
$v_{rel} = v_0 + (a_{rel}) \cdot t$
$\Downarrow$
$v_1 = 0 + (0{,}2 \cdot g) \cdot T$
$v_1 = 0{,}2 \cdot 10{,}0 \cdot 1{,}5 \Rightarrow \boxed{v_1 = 3{,}0 \text{ m/s}}$

3º) Cálculo da velocidade v_2 da cabina, com o referencial no solo:
$v_2 = v_0 + (a_c) \cdot t$
$v_2 = 0 + 1{,}2 \cdot g \cdot T$
$v_2 = 1{,}2 \cdot 10{,}0 \cdot 1{,}5 \Rightarrow \boxed{v_2 = 18{,}0 \text{ m/s}}$

Resposta: *c*.

3. d

4. a

5. Nos instantes $t = 0$ e $t = t_1$, os carros *A* e *B* ocupam a mesma posição e, portanto, entre 0 e t_1, temos:
$\Delta s_B = \Delta s_A \Rightarrow v_{m(B)} = v_{m(A)}$
Como *A* está em movimento uniforme:
$v_{m(A)} = v_A$ (constante)
Como *B* está em movimento uniformemente variado, temos:
$$v_{m(B)} = \frac{v_{0(B)} + v_B}{2} = \frac{v_B}{2}$$
Portanto: $\frac{v_B}{2} = v_A \Rightarrow \boxed{\frac{v_B}{v_A} = 2}$

Resposta: *d*.

6. Sendo a aceleração escalar constante, o movimento é uniformemente variado:
$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{v_0 + v_f}{2}$$
$$\frac{250}{T} = \frac{30 + 20}{2} \Rightarrow \boxed{T = 10 \text{ s}}$$
Resposta: *a*.

7. No movimento retrógrado a velocidade escalar é negativa. No movimento acelerado a velocidade deve ter o mesmo sinal.
Concluindo, no movimento retrógrado e acelerado:
$v < 0$ e $\alpha < 0$
Resposta: *d*.

8. a) $\alpha_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = \frac{18 \text{ m/s}}{12 \text{ s}} \Rightarrow \boxed{\alpha_1 = 1{,}5 \text{ m/s}^2}$

$\alpha_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t} = \frac{18 \text{ m/s}}{9{,}0 \text{ s}} \Rightarrow \boxed{\alpha_1 = 2 \text{ m/s}^2}$

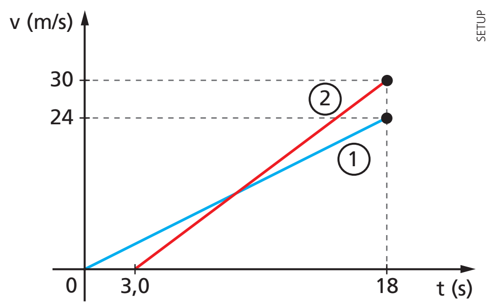
b) $\Delta S_1 \overset{N}{=}$ área do triângulo $= \frac{b \cdot h}{2}$

$\Delta s_1 = \frac{18 \cdot 24}{2} = 216 \text{ m}$

$\Delta S_2 \overset{N}{=}$ área do triângulo $= \frac{b \cdot h}{2}$

$\Delta s_2 = \frac{15 \cdot 30}{2} = 225 \text{ m}$

Concluindo, o móvel (2) alcançou e ultrapassou o móvel (1).



9. b

10. c

11. a

12. Como o vértice da parábola corresponde ao ponto de inversão do movimento e este corresponde a $t = 0$, temos: $v_0 = 0$
Ainda, da leitura do gráfico:
$t = 0 \Rightarrow S_0 = 20 \text{ m}$
A equação horária, provisoriamente, é:
$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{\alpha}{2} t^2 \Rightarrow S = 20 + \frac{\alpha}{2} \cdot t^2$$
Substituamos o seguinte par de valores:
$t = 4{,}0 \text{ s} \leftrightarrow s = 0$
$$0 = 20 + \frac{\alpha}{2} \cdot (4{,}0)^2$$
$$-8{,}0 \cdot \alpha = +20 \Rightarrow \alpha = \frac{-20}{8{,}0} \Rightarrow \alpha = -2{,}5 \text{ m/s}^2$$
Finalmente, a equação horária fica:
$S = 20 - 1{,}25 \cdot t^2$ (unidades SI)
Resposta: *c*.

13. 1º) $t = t_1 \Rightarrow s = s_1 = 0$

$2{,}0t_1^3 - 16{,}0 = 0$

$t_1^3 = 8{,}0 \Rightarrow t_1 = 2{,}0\ s$

2º) $v = \dfrac{ds}{dt} = 6{,}0t^2$ (SI)

$t_1 = 2{,}0\ s \Rightarrow \boxed{v_1 = 24{,}0\ m/s}$

3º) $\alpha_1 = \dfrac{dv}{dt} = 12 \cdot t$ (SI)

$t_1 = 2{,}0\ s \Rightarrow \boxed{\alpha_1 = 24{,}0\ m/s^2}$

Resposta: *e*.

14. a) $s = 2{,}0t^3 + 4{,}0t - 4{,}0$ (SI)

$t_1 = 0 \Rightarrow s_1 = 0 + 0 - 4{,}0 \Rightarrow s_1 = -4{,}0\ m$

$t_2 = 2{,}0\ s \Rightarrow s_2 = 2{,}0 \cdot (2{,}0)^3 + 4{,}0 \cdot 2{,}0 - 4{,}0 \Rightarrow$

$\Rightarrow s_2 = 20\ m$

$\Delta s = s_2 - s_1$

$\Delta s = (20) - (-4{,}0) = 24\ m$

$\Delta t = t_2 - t_1 = 2{,}0\ s$

$v_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{24\ m}{2{,}0\ s} \Rightarrow \boxed{v_m = 12\ m/s}$

b) $v = \dfrac{ds}{dt}$ (derivada)

$v = 6{,}0t^2 + 4{,}0 - 0$

$v = 6{,}0t^2 + 4{,}0$

$t_1 = 0 \Rightarrow v_0 = 0 + 4{,}0 \Rightarrow \boxed{v_0 = 4{,}0\ m/s}$

$t_2 = 2{,}0\ s \Rightarrow v_2 = 6{,}0 \cdot (2{,}0)^2 + 4{,}0$

$v_2 = 24 + 4{,}0 \Rightarrow \boxed{v_2 = 28\ m/s}$

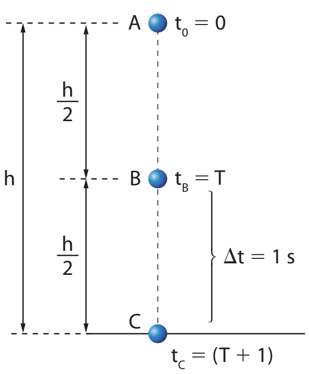
c) $\alpha = \dfrac{dv}{dt} \Rightarrow \alpha = 12t + 0 \Rightarrow \alpha = 12t$

para $t_2 = 2{,}0\ s \Rightarrow \alpha_2 = 12 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{\alpha_2 = 24\ m/s^2}$

CAPÍTULO 6 – MOVIMENTO VERTICAL NO VÁCUO

Exercícios complementares

1.



ILUSTRAÇÕES: SETUP

$\Delta s = \dfrac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$

De *A* até *B*:

$\dfrac{h}{2} = \dfrac{1}{2} \cdot g \cdot T^2$ (1)

De *A* até *C*:

$h = \dfrac{1}{2} \cdot g \cdot (T + 1)^2$ (2)

De (1) e (2) vem:

$g \cdot T^2 = \dfrac{1}{2} \cdot g \cdot (T + 1)^2$

$2\cancel{g}T^2 = \cancel{g}(T + 1)^2$

$2T^2 = T^2 + 2T + 1$

$T^2 - 2T - 1 = 0$

$T = \dfrac{2 \pm \sqrt{8}}{2}$

$T_1 = \dfrac{2 + 2\sqrt{2}}{2} \Rightarrow T_1 = 1 + \sqrt{2}$ ou

$T_2 < 0$ (descartado)

Voltando à equação (2):

$h = \dfrac{1}{2} \cdot g \cdot (1 + \sqrt{2} + 1)^2$

$g = 10{,}0\ m/s^2$

$h = 5{,}0(2 + \sqrt{2})^2 \cong 5{,}0(2 + 1{,}4)^2 \Rightarrow \boxed{h \cong 57{,}8\ m}$

2. $h = h_0 + v_0t + \dfrac{\alpha}{2}t^2$ ↑⊕

$h_1 = 10{,}0t - 5{,}0t^2$

$h_2 = 10{,}0(t - 1{,}0) - 5{,}0(t - 1{,}0)^2$

$h_1 = h_2$

$10{,}0t_1 - 5{,}0t_1^2 = 10{,}0t_1 - 10{,}0 - 5{,}0(t_1^2 - 2{,}0t_1 + 1{,}0)$

$-5{,}0t_1^2 = -10{,}0 - 5{,}0t_1^2 + 10{,}0t_1 - 5{,}0$

$10{,}0t_1 = 15{,}0 \Rightarrow t_1 = 1{,}5\ s$

$h_E = 10{,}0 \cdot 1{,}5 - 5{,}0(1{,}5)^2$ (m)

$h_E = 15{,}0 - 11{,}25$ (m) $\Rightarrow \boxed{h_E = 3{,}75\ m}$

Resposta: *c*.

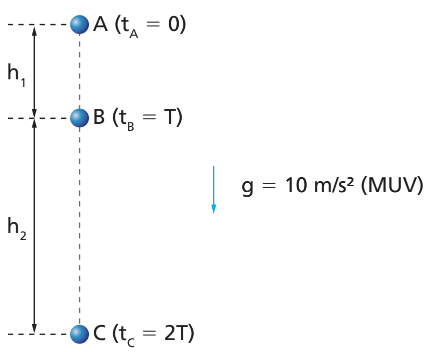
3. a) $\sqrt{\dfrac{H}{2g}}$

b) $\dfrac{3H}{4}$

4. a) $\sqrt{g \cdot H}$

b) zero e $\sqrt{g \cdot H}$

5.



1º) $\Delta s = v_0t + \dfrac{\alpha}{2}t^2$

AB: $h_1 = \dfrac{g}{2}T^2$

AC: $h_1 + h_2 = \dfrac{g}{2}(2T)^2 = 4\dfrac{gT^2}{2}$

$h_1 + h_2 = 4h_1 \Rightarrow h_2 = 3h_1$

2º) $H = h_1 + h_2 = 4h_1$

$$h_1 = \frac{H}{4} = \frac{200}{4}\ (m) = 50\ m$$

$$h_2 = 3h_1 = 150\ m$$

Resposta: *b*.

6. 1º) Em 1,0 s de queda, o corpo *A* percorreu uma distância *d* dada por:

$$\Delta s = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2$$

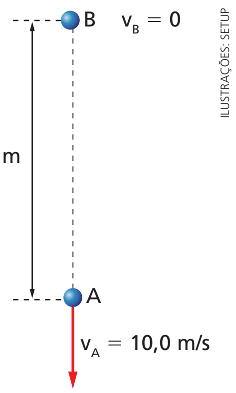
$$d = \frac{10{,}0}{2}(1{,}0)^2\ (m) = 5{,}0\ m$$

2º) Após 1,0 s de queda, o corpo *A* tem uma velocidade v_A dada por:

$$v = v_0 + \alpha t$$

$$v_A = 0 + 10{,}0 \cdot 1{,}0\ (m/s) \Rightarrow v_A = 10{,}0\ m/s$$

3º) No instante em que *B* foi abandonado, temos:



Adotando-se o instante em que *B* foi abandonado como origem dos tempos, temos:

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2$$

$$s_A = 5{,}0 + 10{,}0t + 5{,}0t^2\ (SI)$$

$$s_B = 5{,}0t^2\ (SI)$$

4º) A condição do exercício é que:

$$s_A - s_B = 15{,}0\ m$$

$$5{,}0 + 10{,}0t_1 + 5{,}0t_1^2 - 5{,}0t_1^2 = 15{,}0$$

$$10{,}0t_1 = 10{,}0 \Rightarrow t_1 = 1{,}0\ s$$

5º) A distância percorrida por *B* é dada por:

$$s_B = 5{,}0t^2$$

$$d_B = 5{,}0(1{,}0)^2\ (m) \Rightarrow \boxed{d_B = 5{,}0\ m}$$

Resposta: *d*.

7. 1º) $t_q = \sqrt{\frac{2H}{g}}$

$$t_q^2 = \frac{2H}{g}$$

$$H = \frac{gt_q^2}{2}$$

$$H = \frac{9{,}80 \cdot (9{,}20)^2}{2} \Rightarrow H \cong 414{,}74\ m$$

2º) O módulo da velocidade do som é dado por:

$$v_{som} = \frac{H}{\Delta t} = \frac{414{,}74}{1{,}20} \Rightarrow v_{som} \cong 345{,}62\ m/s$$

Resposta: *d*.

8. 1º) O tempo de queda da bola *A* é dado por:

$$\Delta s = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2$$

$$45{,}0 = \frac{10{,}0}{2} t_A^2 \Rightarrow t_A = 3{,}0\ s$$

2º) Como a bola *B* é lançada 1,0 s depois, seu tempo de queda deve ser igual a 2,0 s, para que chegue ao solo no mesmo instante em que chega a bola *A*. Assim, temos:

$$\Delta s = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2$$

$$45{,}0 = v_{0_B} \cdot 2{,}0 + \frac{10{,}0}{2} \cdot (2{,}0)^2$$

$$2{,}0v_{0_B} = 25{,}0 \Rightarrow \boxed{v_{0_B} = 12{,}5\ m/s}$$

Resposta: *a*.

9. Quando o projétil *B* voltar ao ponto de lançamento, ele terá uma velocidade vertical para baixo com módulo 30,0 m/s e gastará um tempo *T* para chegar ao solo. Como o tempo total de *B* é 2T, então ele deve gastar um tempo *T* para chegar ao ponto mais alto e retornar ao ponto de partida.

$$v = v_0 + \alpha t\ (MUV) \downarrow\oplus$$

$$+30{,}0 = -30{,}0 + 10{,}0T$$

$$10{,}0T = 60{,}0 \Rightarrow T = 6{,}0\ s$$

Para a descida do móvel *A*:

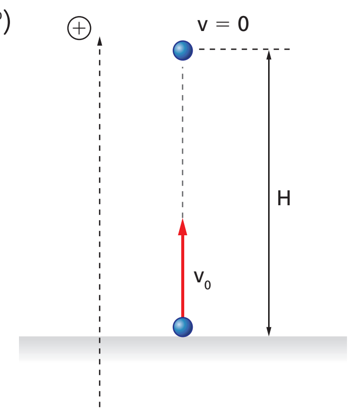
$$\Delta s = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2\ (MUV) \downarrow\oplus$$

$$H = 30{,}0 \cdot 6{,}0 + \frac{10{,}0}{2}(6{,}0)^2\ (m)$$

$$H = 180 + 180\ (m) \Rightarrow \boxed{H = 360\ m}$$

Resposta: *e*.

10. 1º)

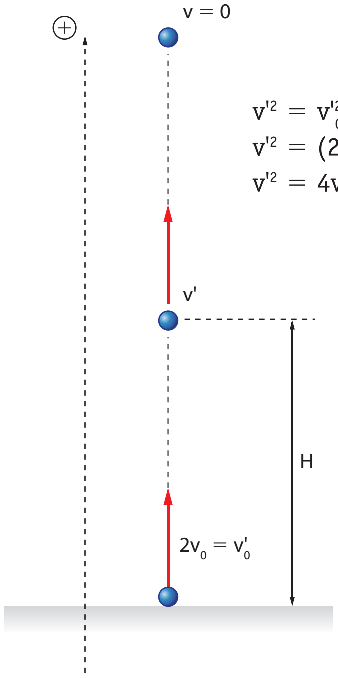


$$v_2 = v_0^2 + 2\alpha\Delta s$$

$$0^2 = v_0^2 - 2gH$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} \quad (1)$$

2º)



$v'^2 = v'^2_0 + 2\alpha\Delta s$
$v'^2 = (2v_0)^2 + 2 \cdot (-g) \cdot H$
$v'^2 = 4v_0^2 - 2gH$ ②

3º) Substituindo ① em ②, vem:

$$v'^2 = 4v_0^2 - 2g\left(\frac{v_0^2}{2g}\right)$$

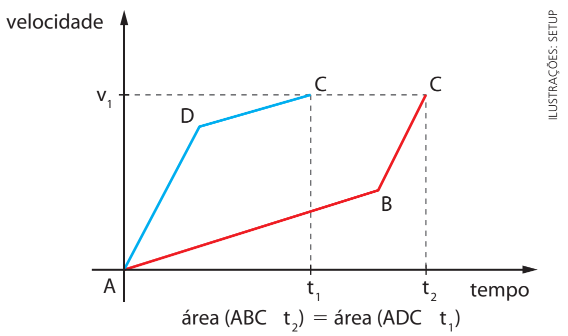
$$v'^2 = 3v_0^2 \Rightarrow \boxed{v' = v_0\sqrt{3}}$$

Resposta: *d*.

CAPÍTULO 7 – DIAGRAMAS HORÁRIOS

Exercícios complementares

1. Na figura representamos as funções de velocidade × tempo de cada um dos movimentos.



São paralelos, no gráfico: AB e DC e ainda AD e BC. Em ambos os movimentos a distância percorrida é a mesma, pois a figura inicialmente dada é um paralelogramo. Logo, a área sob o gráfico ADC é numericamente igual à área sob o gráfico ABC. Resta explicar por que o tempo para percorrer AB é maior que de percorrer DC: observemos que a área sob DC deve ser igual à área sob AB, o que nos leva a ter um maior intervalo de tempo no deslocamento AB.

Essa explicação praticamente soluciona a questão, empurrando o tempo t_2 para a direita de t_1.
Resposta: *b*.

2. a) Falsa: $v_A = 12,5$ m/s e $v_B = 12,0$ m/s

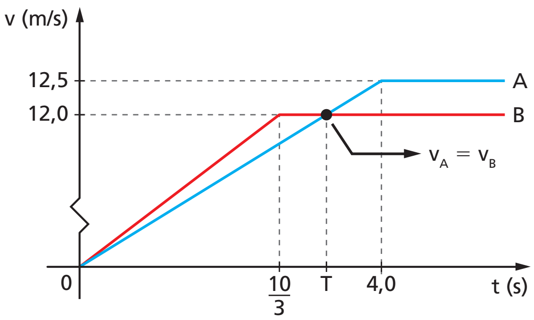
b) Falsa. De 0 a 4,0 s:

$$\alpha_A = \frac{\Delta v_A}{\Delta t} = \frac{12,5}{4,0}\ (\text{m/s}^2) = 3,125\ \text{m/s}^2$$

De 0 a $\frac{10}{3}$ s:

$$\alpha_B = \frac{\Delta v_B}{\Delta t} = \frac{12,0}{\frac{10}{3}}\ (\text{m/s}^2) = 3,6\ \text{m/s}^2$$

Portanto, $\alpha_B > \alpha_A$.



c) $v_A = v_0 + \alpha_A t$
$12,0 = 3,125T \Rightarrow T = 3,84$ s

d) Correta: Δs = Área $(v \cdot t)$

$$100 = (T_A + T_A - 4,0)\frac{12,5}{2}$$

$$2T_A - 4,0 = 16,0 \Rightarrow T_A = 10,0\ \text{s}$$

$$100 = \left(T_B + T_B - \frac{10}{3}\right)\frac{12,0}{2}$$

$$2T_B - \frac{10}{3} = \frac{50}{3}$$

$$2T_B = \frac{60}{3} \Rightarrow T_B = 10,0\ \text{s}$$

Sendo $T_A = T_B$, a corrida termina empatada.

e) Falsa. Quando os movimentos forem uniformes, ambas as acelerações escalares serão nulas.

Resposta: *d*.

3. a) 1º) A ordenada *y* corresponde à velocidade escalar no instante t = 0 e, de acordo com o texto:
y = 20,0 m

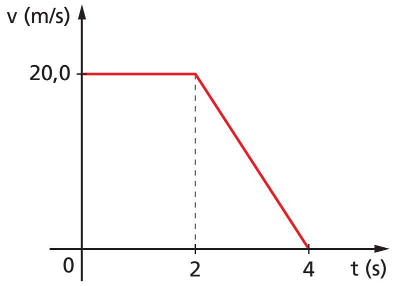
2º) O conjunto de instrumentos se desprende do VLS no instante t = 2,0 s.
Do instante t = 0 até o instante t = 2,0 s, o VLS percorreu uma distância *d* dada por:
$d = v\Delta t = 20,0 \cdot 2,0\ (\text{m}) = 40$ m
$H = H_0 + d = (100 + 40)\ \text{m} \Rightarrow \boxed{H = 140\ \text{m}}$

b) 1º) $|\alpha| = g = \frac{|\Delta v|}{\Delta t}$

$$g = \frac{20,0}{2,0}(\text{m/s}^2) \Rightarrow g = 10\ \text{m/s}^2$$

2º) No instante $t = 4{,}0$ s, o instrumento está na altura H_1 tal que:

$H_1 = 100 \text{ m} + \Delta s_1$



$\Delta s_1 = \text{área } (v \cdot t)$

$\Delta s_1 = (4{,}0 + 2{,}0)\dfrac{20{,}0}{2} \text{ (m)} = 60 \text{ m}$

$H_1 = 160 \text{ m}$

3º) Cálculo do tempo T a partir do instante $t = 4{,}0$ s:

$\Delta s = v_0 t + \dfrac{\alpha}{2} t^2 \text{ (MUV)} \downarrow \oplus$

$160 = \dfrac{10}{2} T^2$

$T^2 = 16 \cdot 2 \Rightarrow T = 4\sqrt{2} \text{ s} = 5{,}6 \text{ s}$

Portanto, o instante pedido é:

$T_f = 4{,}0 \text{ s} + 5{,}6 \text{ s} \Rightarrow \boxed{T_f = 9{,}6 \text{ s}}$

4. a) $v = v_0 + \alpha t$

Esfera (1): lançada com velocidade $v_0 = 20$ m/s:

$\boxed{v_1 = 20 - 10t}$ (em unidades do SI)

Esfera (2): abandonada em repouso:

$\boxed{v_2 = -10t}$ (em unidades do SI)

Diagramas horários:

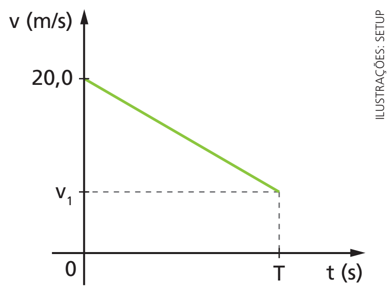


Figura 1: esfera (1).

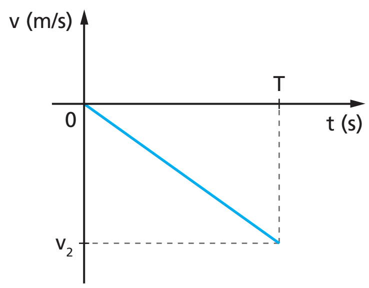


Figura 2: esfera (2).

b) Determinação do instante de colisão:

$y = y_0 + v_0 \cdot t - \dfrac{g}{2} \cdot t^2$

Esfera (1): lançada a partir do solo com velocidade escalar inicial +20 m/s:

$y_1 = 0 + 20 \cdot t - 5{,}0 \cdot t^2$ (em unidades do SI)

Esfera (2): abandonada a 40 m de altura, com velocidade inicial nula:

$y_2 = 40 + 0 - 5{,}0 \cdot t^2$ (em unidades do SI)

No encontro, teremos $y_1 = y_2$:

$+20 \cdot t - 5{,}0 \cdot t^2 = 40 - 5{,}0 \cdot t^2$

Sendo T o instante do encontro, teremos:

$20T = 40 \Rightarrow \boxed{T = 2{,}0 \text{ s}}$

c) Retomando as equações de velocidade e substituindo-se o tempo por $T = 2{,}0$ s:

$v_1 = 20 - 10t \Rightarrow v_1 = 20 - 10 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{v_1 = 0}$

$v_2 = -10t \Rightarrow v_2 = -10 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{v_2 = -20 \text{ m/s}}$

5. a

6. a) $t_E = 2$ s b) $s_A = 3t$; $s_B = 4 + t$

7. a) Trecho AB: a velocidade escalar é positiva e crescente. Logo, o movimento é **progressivo** e **acelerado**. Como o gráfico da velocidade é retilíneo, concluímos que se trata de um MUV.

Trecho BC: a velocidade escalar é constante e diferente de zero. Trata-se de um MU. Sendo essa velocidade positiva, o movimento é **progressivo**.

Trecho CD: a velocidade escalar é positiva, porém decresce uniformemente (linearmente). Trata-se de um MUV, de aceleração escalar negativa. Logo, é um movimento **progressivo** e **retardado**.

b) Trecho AB: $\alpha_{AB} = \text{tg } \theta = \dfrac{+4{,}0}{2{,}0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha_{AB} = +2{,}0 \text{ m/s}^2$

Trecho BC: é um MU, portanto, $\alpha_{BC} = 0$.

Trecho CD: $\alpha_{CD} = -\text{tg } \theta = -\dfrac{6{,}0}{2{,}0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha_{CD} = -3{,}0 \text{ m/s}^2$

c) Trecho AB: $\Delta s_{AB} \overset{N}{=} \text{área do trapézio} = \Delta s_{AB} = 8{,}0$ m.

Como o móvel partiu da origem, no instante $t_1 = 2{,}0$ s, sua posição é $s_B = 8{,}0$ m.

Trecho BC: $\Delta s_{BC} \overset{N}{=} \text{área do retângulo} \Rightarrow \Delta s_{BC} = 12$ m

$\Delta s_{BC} = s_C - s_B \Rightarrow 12 = s_C - 8{,}0 \Rightarrow s_C = 20$ m

(posição no instante $t_2 = 4{,}0$ s)

Trecho CD: $\Delta s_{CD} \overset{N}{=} \text{área do triângulo} \Rightarrow \Delta s_{CD} = 6{,}0$ m

$\Delta s_{CD} = s_D - s_C \Rightarrow 6{,}0 = s_D - 20 \Rightarrow s_D = 26$ m

(posição no instante $t_3 = 6{,}0$ s)

d) Diagramas horários de aceleração e velocidade:

Nos movimentos uniformemente variados, os gráficos de posição em função do tempo serão parabólicos (trechos AB e CD). No movimento uniforme (BC), o gráfico será retilíneo e oblíquo.

As duas parábolas terão concavidade dada pelas respectivas acelerações:

- trecho AB $\Rightarrow \alpha_{AB} > 0 \Rightarrow$ concavidade para cima;
- trecho CD $\Rightarrow \alpha_{CD} < 0 \Rightarrow$ concavidade para baixo.

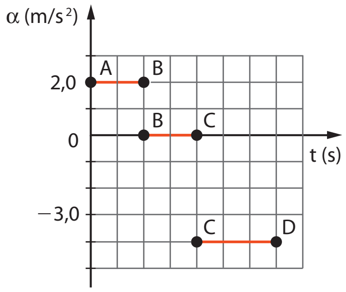


Figura 1. Gráfico da aceleração × tempo.

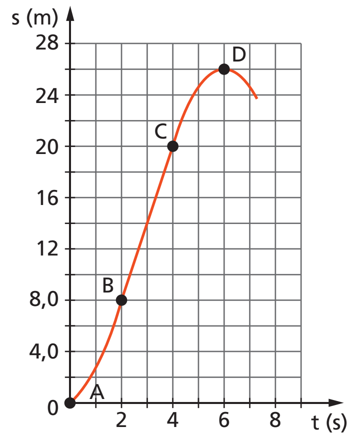
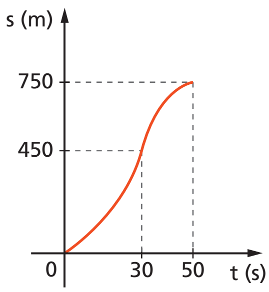


Figura 2. Gráfico da posição × tempo.

Observação: o ponto *D* é vértice da parábola, pois corresponde ao instante em que a velocidade é nula.

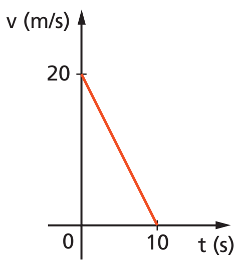
8. a) $\Delta s = 750$ m

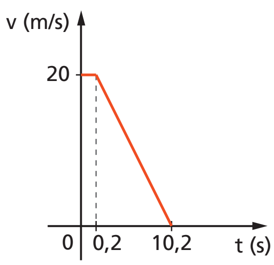
b)



ILUSTRAÇÕES: SETUP

9.





$\Delta s = \text{área } (v \cdot t)$

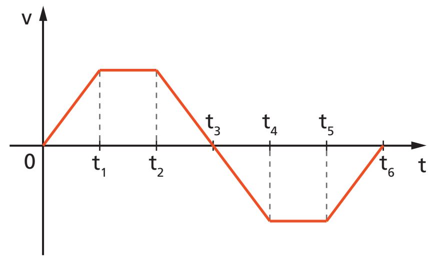
$\Delta s_1 = \dfrac{10 \cdot 20}{2}$ (m) $= 100$ m

$\Delta s_2 = (10{,}2 + 0{,}2)\dfrac{20}{2}$ (m) $= 104$ m

$x = \Delta s_2 - \Delta s_1 = 4{,}0$ m

Resposta: *b*.

10. a)



b) 1) t_2 a t_3: $\begin{cases} 1)\ \text{MUV} \\ 2)\ \text{progressivo } (v > 0) \\ 3)\ \text{retardado } (v > 0 \text{ e } \alpha < 0) \end{cases}$

2) t_5 a t_6: $\begin{cases} 1)\ \text{MUV} \\ 2)\ \text{retrógrado } (v < 0) \\ 3)\ \text{retardado } (v < 0 \text{ e } \alpha > 0) \end{cases}$

11. a) Sendo $v = f(t)$ do 2º grau (o gráfico é parabólico), e função $\alpha = f(t)$ é do 1º grau e, portanto:

$$\alpha_m = \frac{\alpha_0 + \alpha_f}{2}$$

A partir do instante $t = 4{,}0$ s a aceleração escalar é nula:

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\alpha_0 + 0}{2} \Rightarrow \frac{8{,}0}{4{,}0} = \frac{\alpha_0}{2} \Rightarrow \boxed{\alpha_0 = 4{,}0 \text{ m/s}^2}$$

b) O deslocamento é medido pela área sob o gráfico ($v \times t$), onde cada quadrado representa um deslocamento de 0,5 m. O número aproximado de quadrados é 13,5.

$\Delta s = 13{,}5 \cdot 0{,}5$ m

$\boxed{\Delta s = 6{,}7 \text{ m}}$

12. A velocidade escalar média é dada por:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \frac{54{,}0}{3{,}6} = \frac{900}{t} \Rightarrow t = 60 \text{ s}$$

No gráfico $v = f(t)$, a área mede o deslocamento escalar:

$$900 = \frac{\left(t + \frac{t}{3}\right)v_1}{2}$$

$1\,800 = (60 + 20)v_1 \Rightarrow v_1 = 22{,}5$ m/s

Entre os instantes 0 e $\frac{t}{3}$, temos:

$S_R \overset{N}{=} \text{área } (v \cdot t)$

$$S_R = \frac{\left(\frac{t}{3}\right) \cdot v_1}{2} \Rightarrow S_R = \frac{20 \cdot 22{,}5}{2} \text{ (m)}$$

$\boxed{S_R = 225 \text{ m}}$

Entre os instantes $\frac{t}{3}$ e $\frac{2}{3}t$, temos:

$\Delta s = v_1 \cdot \frac{t}{3}$

$S_S - 225 = 22{,}5 \cdot \frac{60}{3} \Rightarrow \boxed{S_S = 675 \text{ m}}$

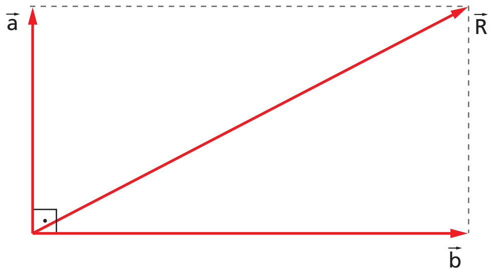
Resposta: *c*.

CAPÍTULO 8 – VETORES

Exercícios complementares

1. d

2. Como $\dfrac{|\vec{a}|}{|\vec{b}|} = \dfrac{3}{4}$, podemos fazer: $|\vec{a}| = 3x$ e $|\vec{b}| = 4x$



Assim: $|\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 = |\vec{R}|^2$
$(3x)^2 + (4x)^2 = 40^2$
Donde tiramos $x = 8$. Portanto, $|\vec{a}| = 24$ e $|\vec{b}| = 32$.

3. b

4. $12 - 7 \leqslant R \leqslant 12 + 7 \Leftrightarrow 5 \leqslant R \leqslant 19$
Resposta: *e*.

5. $\vec{a} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$; $\vec{b} = -3\vec{i} + 2\vec{j}$; $\vec{c} = -3\vec{i} - 2\vec{j}$; $\vec{d} = 3\vec{i}$; $\vec{e} = -2\vec{j}$

6. d

7. b

8. a) F
b) V
c) V
d) F
e) F
f) V

9. d

CAPÍTULO 9 – CINEMÁTICA VETORIAL

Exercícios complementares

1. a) 34 m
b) 26 m
c) 17 m/s
d) 13 m/s

2. a) $\dfrac{20\pi}{3}$ m
b) $10\sqrt{3}$ m
c) $\dfrac{5\pi}{6}$ m/s
d) $\dfrac{5\sqrt{3}}{4}$ m/s

3. a) V
b) F
c) V
d) V
e) V
f) F

4. c

5. a) 1,0 m/s^2
b) 0,50 m/s^2

6. a) 10 m/s^2
b) 24 m/s^2
c) 24 m/s
d) 24 m

7. d

8. 72 km/h

9. b

10. d

11. c

12. c

CAPÍTULO 10 – COMPOSIÇÃO DE MOVIMENTOS

Exercícios complementares

1. a) 130 km/h
b) 26 km

2. 12 m/s

3. a) 12 m/s
b) $\theta \cong 23°$
c) 4,0 s

4. 4,0 m/s

5. a) 0,50 m/s
b) 0,83 m/s
c) 0,67 m/s

6. b

CAPÍTULO 11 – CINEMÁTICA ANGULAR

Exercícios

2. a) $-0{,}50\pi$ rad/s^2
b) $\omega = 10\pi - 0{,}50\pi t$ (SI)
c) 50

3. 3,0 rad/s²

4. a

5. c

6. 2,0 rad/s²

7. b

8. b

9. 10 s

10. b

Exercícios complementares

11. c

12. b

13. b

14. 14

15. a

16. b

17. d

CAPÍTULO 12 – LEIS DE NEWTON

Exercícios complementares

1. $F = m_A \cdot a = (m_A + m_B) \cdot \frac{a}{4} \Rightarrow 4m_A = m_A + m_B \Rightarrow$

$\Rightarrow 3m_A = m_B \Rightarrow \frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{3}$

Resposta: *a*.

2. a) V
b) V
c) F
d) F

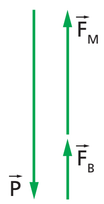
3. a

4. e

5. d

6. $p = mg = (68\ kg)\ (10\ m/s^2) = 680\ N$

a)



ILUSTRAÇÕES: SETUP

$F_B + F_N = P \Rightarrow F_B + 650 \Rightarrow 680 \Rightarrow F_B = 30\ N$

b)

$F_N = 650\ N$

7. a) 800 N
b) 840 N
c) 560 N

8. a) 6,0 m/s²
b) 72 N

9. e

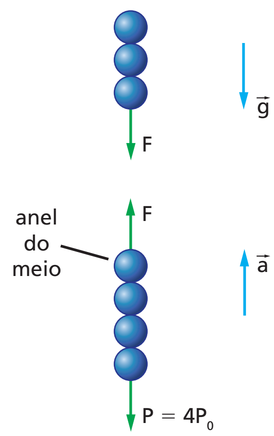
10. a) 2,0 m/s²
b) 25 N

11. a) 4,0 m/s²
b) 52 N

12. a) 2,5 m/s²
b) 60 N

13. a) 2,0 m/s²
b) 4,0 N

14. Cada anel tem massa $m_0 = 200$ gramas $= 0{,}200$ kg.
Portanto, o peso de cada anel é:
$P_0 = m_0 \cdot g = (0{,}200\ kg)(10\ m/s^2) = 2{,}0\ N$



Supondo movimento acelerado para cima, temos:
$F - 4P_0 = (4m_0) \cdot a$
$F - 4(2{,}0) = (4) \cdot (0{,}200)(2{,}0\ m/s^2)$
$F - 8{,}0 = 1{,}6$
$F = 9{,}6\ N$
Resposta: *b*.

15. a) Podemos considerar todo o conjunto formando um único corpo de massa $m = m_A + m_B$, isto é, $m = 8{,}0$ kg (fig. *a*). Esse corpo tem peso $\vec{P}$:
$P = m \cdot g = (8{,}0) \cdot (10) \Rightarrow P = 80\ N$

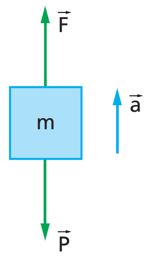


Figura *a*.

Aplicando a Segunda Lei de Newton, temos:

$F - P = m \cdot a$

$112 - 80 = 8,0 \cdot a$

$a = 4,0\ m/s^2$

b) Consideremos agora as forças que atuam em cada bloco (fig. *b*). Sejam $\vec{P}_A$ e $\vec{P}_B$ os pesos de *A* e *B*; a tração no fio tem intensidade *T*.

Aplicando a Segunda Lei de Newton ao bloco *A* (e observando que o movimento é acelerado para cima), temos:

$T - P_A = m_A \cdot a$

$T - 50 = (5,0) \cdot (4,0)$

$T = 70\ N$

Poderíamos, também, ter aplicado a Segunda Lei de Newton ao bloco *B*:

$F - T - P_B = m_B \cdot a$

$112 - T - 30 = (3,0) \cdot (4,0)$

$T = 70\ N$

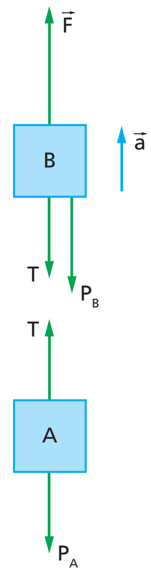


Figura *b*.

16. a) $12\ m/s^2$ b) 8,0 N

CAPÍTULO 13 – APLICAÇÃO DAS LEIS DE NEWTON

Exercícios

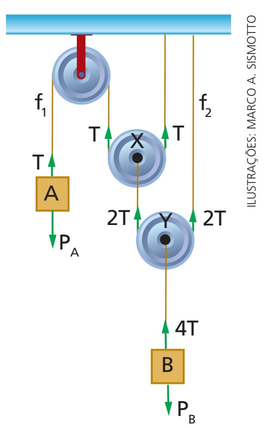
2. a) $1,0\ m/s^2$

b) $2,0\ m/s^2$

c) 36 N

3. a) $12\ m/s^2$; $6,0\ m/s^2$ b) 24 N

4.



$m_A = 3,0\ kg$; $m_B = 2,0\ kg$; $g = 10\ m/s^2$; $P_A = 30\ N$; $P_B = 20\ N$

Se o sistema estivesse em equilíbrio, deveríamos ter:

$P_A = T$ e $P_B = 4T$

Isto é: $P_B = 4P_A$ e $m_B = 4m_A$ (equilíbrio)

Como neste caso temos $m_A = 3,0\ kg$ e $m_B = 2,0\ kg$, concluímos que $m_B < 4m_A$ e, portanto, *A* deve descer com aceleração de módulo a_A e *B* deve subir com aceleração de módulo a_B.

a) Sejam a_X e a_Y os módulos das acelerações das polias *X* e *Y* e usando o raciocínio desenvolvido para a polia móvel, concluímos que, nesse caso, $a_A = 2a_X$ e $a_X = 2a_Y$. Mas $a_Y = a_B$. Portanto: $a_A = 4a_B$.

b) Como *A* deve descer temos $P_A > T$ e como *B* deve subir devemos ter $4T > P_B$. Ficamos então com o sistema de equações:

$$\begin{cases} P_A - T = m_A \cdot a_A \\ 4T - P_B = m_B \cdot a_B \\ a_A = 4a_B \end{cases}$$

ou

$$\begin{cases} 30 - T = 3,0 \cdot a_A & (1) \\ 4T - 20 = 2,0 \cdot a_B & (2) \\ a_A = 4a_B & (3) \end{cases}$$

Substituindo (3) em (1), ficamos com o novo sistema:

$$\begin{cases} 30 - T = 12 \cdot a_B \\ 4T - 20 = 2,0 \cdot a_B \end{cases}$$

Resolvido esse novo sistema, obtemos $a_B = 2,0\ m/s^2$ e $T = 6,0\ N$

Substituindo em (3), obtemos $a_A = 8,0\ m/s^2$.

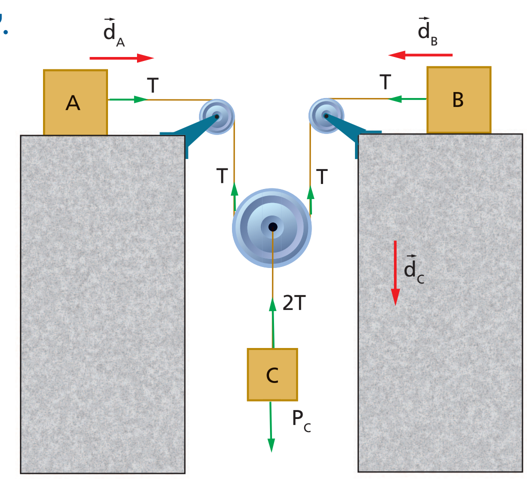
c) $T = 6,0\ N$

5. a) 250 N

b) 0,5 m

6. b

7.



$m_A = 15\ kg$; $m_B = 10\ kg$; $m_C = 24\ kg$;

$g = 10\ m/s^2$; $P_C = 240\ N$

a) Para fixar ideias, podemos supor que o sistema foi abandonado em repouso. Depois de um intervalo de tempo Δt, o bloco *A* deslocou-se d_A para a direita, enquanto o bloco *B* deslocou-se d_B para a esquerda. Nesse mesmo intervalo de tempo, o deslocamento do bloco *C* (para baixo) é d_C, dado por:

$$d_C = \frac{d_A + d_B}{2}$$

A mesma relação vale para os módulos das velocidades e os módulos das acelerações:

$$a_C = \frac{a_A + a_B}{2} \quad (1)$$

b) e c)

$$\begin{cases} T = m_A \cdot a_A \\ T = m_B \cdot a_B \\ P_C - 2T = m_C \cdot a_C \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = 15 \cdot a_A \\ T = 10 \cdot a_B \\ 240 - 2T = 24a_C \end{cases} \Rightarrow$$

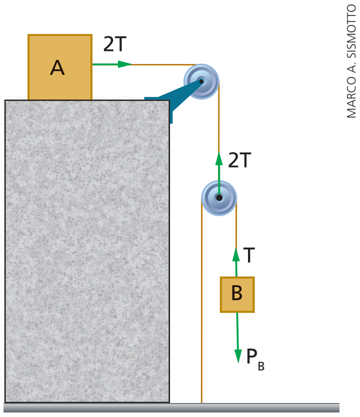
$$\Rightarrow \begin{cases} a_A = \dfrac{T}{15} & (2) \\ a_B = \dfrac{T}{10} & (3) \\ a_C = \dfrac{240 - 2T}{24} & (4) \end{cases}$$

Substituindo (2), (3) e (4) em (1):

$$\frac{240 - 2T}{24} = \frac{\frac{T}{15} + \frac{T}{10}}{2} \therefore \boxed{T = 60 \text{ N}}$$

Colocando o valor de *T* em (2) e (3), obtemos $a_A = 4{,}0 \text{ m/s}^2$ e $a_B = 6{,}0 \text{ m/s}^2$. Substituindo em (1), tiramos $a_C = 5{,}0 \text{ m/s}^2$.

8.



$m_A = 1{,}0$ kg; $m_B = 6{,}0$ kg; $g = 10 \text{ m/s}^2$; $P_B = 60$ N

Se, num intervalo de tempo Δt, o bloco *A* tem um deslocamento d_A para a direita, o eixo da polia móvel também tem um deslocamento d_A para baixo. Mas, como a polia móvel é envolvida por dois ramos de fio, o bloco *B*, nesse intervalo de tempo, desce uma distância d_B tal que:

$d_B = 2d_A$

A mesma relação vale entre as acelerações:

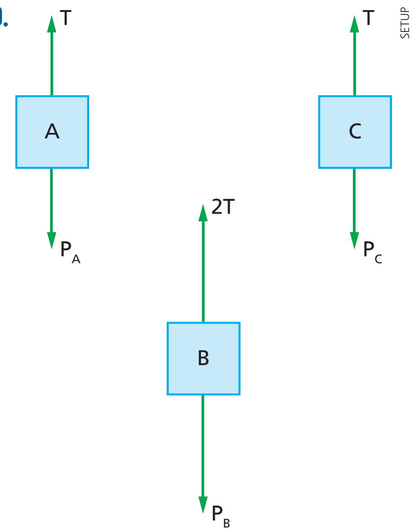
$$a_B = 2a_A \quad (1)$$

$$\begin{cases} 2T = m_A \cdot a_A \\ P_B - T = m_B \cdot a_B \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2T = (1{,}0) \cdot a_A & (2) \\ 60 - T = (6{,}0)(2a_A) & (3) \end{cases}$$

Resolvendo o sistema formado pelas equações (2) e (3) obtemos:

$a_A = 4{,}8 \text{ m/s}^2$; $a_B = 9{,}6 \text{ m/s}^2$; $T = 2{,}4$ N

9.



$m_A = 4{,}0$ kg; $m_B = 16$ kg; $m_C = 8{,}0$ kg;
$g = 10 \text{ m/s}^2$
$P_A = 40$ N; $P_B = 160$ N; $P_C = 80$ N

Suponhamos que *A* e *C* subam com acelerações de módulos a_A e a_C, respectivamente. Assim, *B* deve descer com aceleração de módulo a_B. Usando o mesmo raciocínio do exercício 7, concluímos que:

$$a_B = \frac{a_A + a_C}{2} \quad \text{ou} \quad a_A + a_C = 2a_B \quad (1)$$

$$\begin{cases} T - P_A = m_A \cdot a_A \\ T - P_C = m_C \cdot a_C \\ P_B - 2T = m_B \cdot a_B \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T - 40 = (4{,}0)(a_A) & (2) \\ T - 80 = (8{,}0)(a_C) & (3) \\ 160 - 2T = (16)(a_B) & (4) \end{cases}$$

Das equações (2), (3) e (4) tiramos:

$$a_A = \frac{T - 40}{4{,}0}; \quad (5)$$
$$a_C = \frac{T - 80}{8{,}0}; \quad (6)$$
$$a_B = \frac{160 - 2T}{16} \quad (7)$$

Substituindo (5), (6) e (7) em (1):

$$\frac{T - 40}{4{,}0} + \frac{T - 80}{8{,}0} = 2 \cdot \left(\frac{160 - 2T}{16}\right)$$

Resolvendo esta equação, obtemos: $T = 64$ N

Substituindo esse valor de *T* nas equações (5), (6) e (7) tiramos:

$a_A = 6{,}0 \text{ m/s}^2$; $a_C = -2{,}0 \text{ m/s}^2$; $a_B = 2{,}0 \text{ m/s}^2$

O fato de a_C resultar negativa significa que nossa hipótese inicial sobre o movimento de C estava errada. Assim, C deve descer com aceleração de módulo 2,0 m/s².

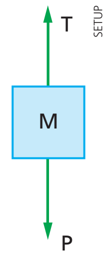
Exercícios complementares

10. 250 N

11. a) 2,0 m/s²

b) É acelerado para cima ou retardado para baixo.

12. a) Consideremos o elevador e o homem formando um único corpo, cuja massa é $M = m_H + m_E$, isto é, $M = 600$ kg. O peso desse corpo tem módulo $P = M \cdot g$ ou $P = 6\,000$ N.



Aplicando a Segunda Lei de Newton (lembrando que o elevador está subindo com movimento acelerado), temos:

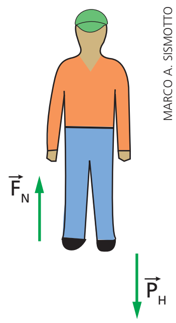
$T - P = M \cdot a$

$T - 6\,000 = 600 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{T = 7\,200}$

b) O peso do homem tem módulo P_H dado por:

$P_H = m_H \cdot g = 80 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{P_H = 800 \text{ N}}$

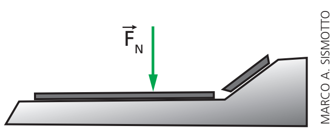
Observando que o sistema tem movimento acelerado para cima, apliquemos a Segunda Lei de Newton ao homem:



$F_N - P_H = m_H \cdot a$

$F_N - 800 = 80 \cdot 2{,}0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{F_N = 960 \text{ N}}$



13. b

14. e

15. 25 N

16. a) 4,0 m/s²

b) 6,0 kg

17. $\begin{cases} P_A = m_A \cdot g = 9{,}0 \cdot 10 & P_A = 90 \text{ N} \\ P_C = m_C \cdot g = 5{,}0 \cdot 10 & P_C = 50 \text{ N} \end{cases}$

O peso do bloco B se anula com a normal. Observando que $P_A > P_C$, apliquemos a Segunda Lei de Newton a cada bloco:

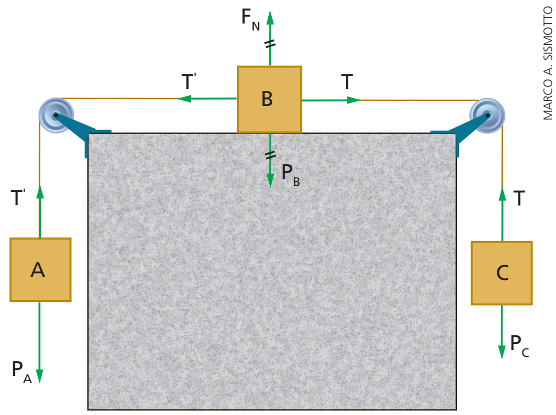


Figura *a*.

$\begin{cases} P_A - T' = m_A \cdot a \\ T' - T = m_B \cdot a \\ T - P_C = m_C \cdot a \end{cases}$ ou $\begin{cases} 90 - T' = 9{,}0 \cdot a & (1) \\ T' - T = 6{,}0 \cdot a & (2) \\ T - 50 = 5{,}0 \cdot a & (3) \end{cases}$

Adicionando membro a membro as igualdades (1), (2) e (3), obtemos:

$90 - 50 = 20 \cdot a$

$a = 2{,}0$ m/s²

Poderíamos, também, ter usado o artifício de imaginar o sistema "esticado" (fig. *b*). Aplicando a Segunda Lei de Newton, temos:

$P_A - P_C = (m_A + m_B + m_C) \cdot a$

$90 - 50 = (9{,}0 + 6{,}0 + 5{,}0) \cdot a$

$a = 2{,}0$ m/s²

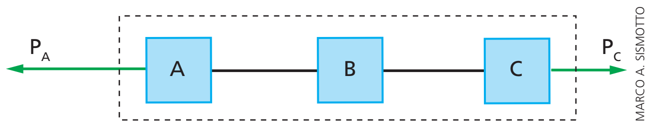


Figura *b*.

b) Substituindo o valor de a na equação (1), temos:

$90 - T' = 9{,}0 \cdot 2{,}0$

$T' = 72$ N

c) Substituindo o valor de a na equação (3), temos:

$T - 50 = 5{,}0 \cdot 2{,}0$

$T = 60$ N

18. 8,0 m/s²

19. a) 3,0 s

b) 6,0 m/s

20. 4,0 s

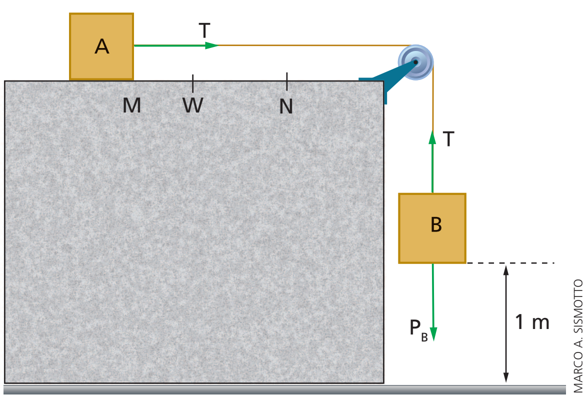
21. 0,50 m/s²

22. a

23. a) $3{,}0 \cdot 10^2$ N

b) $4{,}0 \cdot 10^2$ N

24.



MN = 5 m; MW = 1 m; WN = 4 m

No trecho MW (enquanto o bloco *B* não encosta no solo) o bloco *A* tem MUV de aceleração *a*:

$P_B = (m_A + m_B) \Rightarrow 20 = (8{,}0 + 2{,}0) \cdot a \Rightarrow a = 2{,}0\ m/s^2$

$s - s_0 = v_0t + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow \overline{MW} = \frac{1}{2}at_1^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 1 = \frac{1}{2}(2{,}0)t_1^2 \Rightarrow t_1 = 1{,}0\ s$

No ponto *W* o bloco *A* terá velocidade $v_w = 2{,}0$ m/s. O trecho WN será percorrido com MUV num intervalo de tempo:

$$\Delta t = \frac{\overline{WN}}{v_w} = \frac{4}{2{,}0}\ s = 2{,}0\ s$$

Portanto, o tempo total para o percurso MN é:

$\Delta t' = t_1 + \Delta t = (1{,}0 + 2{,}0)\ s = 3{,}0\ s$

Resposta: *e*.

25. a) $5{,}0 \cdot 10^3$ N

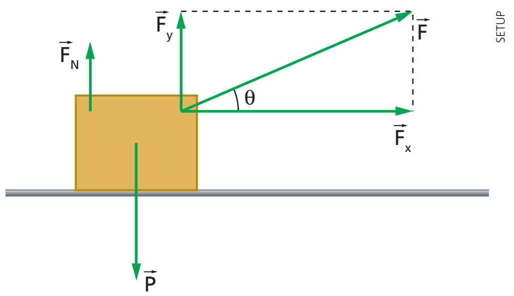
b) $6{,}05 \cdot 10^3$ N

26. a

27. a) 140 N

b) 30 m/s²

28.



a) Temos, então:

P = m = 12 · 10

P = 120 N

$\begin{cases} F_x = F\cos\theta = F \cdot 0{,}80 \\ F_y = F\,\text{sen}\,\theta = F \cdot 0{,}60 \end{cases}$

Enquanto o bloco se mantiver em contato com o plano horizontal, teremos:

$F_y + F_N = P$

Imaginemos agora que a intensidade de $\vec{F}$ vai aumentando a partir de zero. À medida que aumenta a intensidade de *F*, aumenta a intensidade de $\vec{F}_y$ e, portanto, diminui a intensidade de $\vec{F}_N$. Há, então, um valor de *F* para o qual $F_y = P$ e $F_N = 0$; nesse caso, o bloco ainda está em contato com o plano horizontal, mas não o comprime.

A partir daí, qualquer aumento de *F* fará com que o bloco adquira movimento para cima, perdendo o contato com o plano horizontal. Assim, para que o bloco não perca o contato com o plano horizontal, o valor máximo de *F* é aquele para o qual:

$F_y = P$

$F \cdot 0{,}60 = 120$

ou F = 200 N

Portanto, $\boxed{F_{\text{máximo}} = 200\ N}$

b) A resultante das forças que agem no bloco é $\vec{F}_x$. Mas para $F = F_{\text{máximo}}$, teremos:

$F_x = F \cdot 0{,}80 = 200 \cdot 0{,}80$

$F_x = 160$ N

Aplicando a Segunda Lei de Newton, temos:

$F_x = m \cdot a$

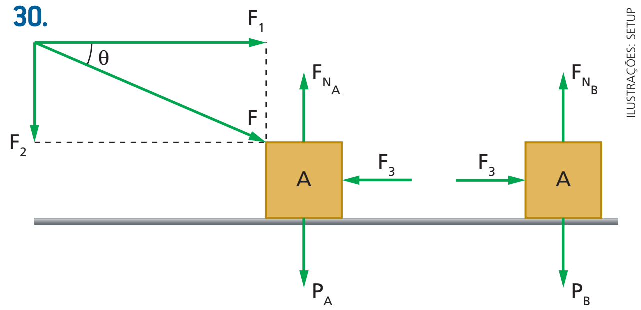
$160 = 12 \cdot a$

$\boxed{a \cong 13\ m/s^2}$

29. a) 80 N

b) $10\sqrt{3}$ m/s²

30.



$\begin{cases} m_A = 20\ kg;\ m_B = 10\ kg;\ F = 30\ N \\ \text{sen}\,\theta = 0{,}40;\ \cos\theta = 0{,}90;\ g = 10\ m/s^2 \end{cases}$

$F_1 = F \cdot \cos\theta = 54\ N;\ F_2 = F \cdot \text{sen}\,\theta = 24\ N$

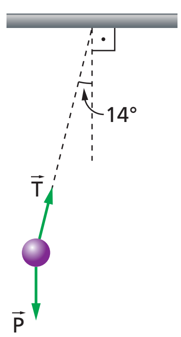
a) $F_1\ (m_A + m_B) \cdot a \Rightarrow 54 = 30 \cdot a \Rightarrow a = 1{,}8\ m/s^2$

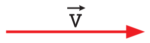
b) $F_3 = m_B \cdot a = (10)(1{,}8) \Rightarrow F_3 = 18\ N$

c) $F_{N_A} = F_2 + P_A = F_2 + m_A \cdot g = 224\ N$

$F_{N_B} = P_B = m_B \cdot g = 100\ N$

31. a)



b) 

c) $2{,}5\ m/s^2$

32. $24\ m/s^2$

33. 39°

34. d

35. a) $3{,}0\ m/s^2$
b) $4{,}0\ s$
c) $24\ m$

36. a) $2{,}4\ m/s^2$
b) $72\ N$
c) $\dfrac{72\sqrt{10}}{5}\ N$

37. a) $1{,}7\ m/s^2$ b) $23{,}1\ N$

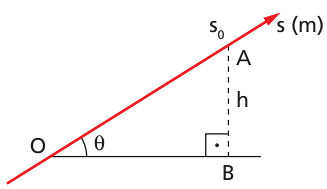
38. No trecho BC o movimento é retardado. Assim, se considerarmos a velocidade positiva, a aceleração será negativa: $a = -g\ sen\ \theta$. No ponto *B* a velocidade é $v_B = v_0$ e no ponto *C* a velocidade é $v_C = 0$. Aplicando a equação de Torricelli para o trecho BC, temos:

$v_C^{\,2} = v_B^{\,2} + 2a(\overline{BC}) \Rightarrow 0 = v_0^{\,2} - 2g(sen\ \theta)(\overline{BC}) \Rightarrow$

$\Rightarrow \overline{BC} = \dfrac{v_0^{\,2}}{2g\ sen\ \theta}$

Resposta: *e*.

39.



Adotemos um eixo de espaços orientado para cima com origem no ponto *O*. Como a aceleração tem sentido para baixo, temos:
$a = -g\ sen\ \theta = [-10(0{,}5)]\ m/s^2 = -5{,}0\ m/s^2$
No instante $t = 0$, o carrinho está no ponto *A* (cujo espaço é s_0) e tem velocidade $v_0 = 10\ m/s$. Do triângulo OAB, tiramos:

$\overline{OA} = s_0 = \dfrac{h}{sen\ \theta} = \dfrac{15}{0{,}5}\ m = 30\ m$

Equação horária do espaço:

$s = s_0 + v_0t + \dfrac{1}{2}at^2 \Rightarrow s = 30 + 10t - 2{,}5t^2$ (1)
Quando o carrinho atingir a base da rampa, teremos $s = 0$. Substituindo em (1):
$0 = 30 + 10t - 2{,}5t^2 \Rightarrow t^2 - 4{,}0t - 12 = 0 \Rightarrow$
$\Rightarrow t = 6{,}0\ s$ ou $t = -2{,}0\ s$
Portanto: $\Delta t = 6{,}0\ s$

40. c

CAPÍTULO 14 – LANÇAMENTO OBLÍQUO

Exercícios complementares

1. a) F c) V e) V g) F
b) F d) V f) V

2. a) $A = v_0\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$ b) $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$

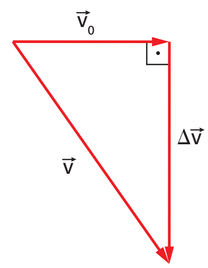
3. $30\ m/s$

4. d

5. O valor mínimo de v_0 corresponde ao alcance:
$A = 50 + 850 \therefore A = 900\ m$
Equações horárias de *x* e *y*:
$x = v_0t$
$y = 5{,}0t^2$
Cálculo do tempo de queda ($y = h = 45\ m$):
$45 = 5{,}0t^2 \Rightarrow t^2 = 9 \Rightarrow t = 3{,}0\ s$
Para $x = A = 900\ m$, vem:
$900 = v_0' \cdot 3{,}0$ ou $v_0' = 300\ m/s$
Como esse v_0' é o valor mínimo, teremos:
$\boxed{v_0 \geqslant 300\ m/s}$

6. $\vec{g} = \dfrac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \Rightarrow \Delta\vec{v} = \vec{g}(\Delta t)$
$\Delta t = 2{,}0\ s \Rightarrow \Delta\vec{v} = \vec{g}(2{,}0) \Rightarrow |\Delta\vec{v}| = 10(2{,}0) \Rightarrow$
$\Rightarrow |\Delta\vec{v}| = 20\ m/s$
$|\vec{v}|^2 = |\vec{v}_0|^2 + |\Delta\vec{v}|^2$

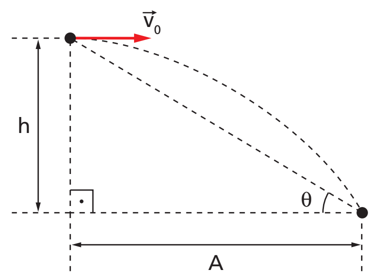
$|\vec{v}| = \dfrac{5}{3}|\vec{v}_0|$. Portanto:



ILUSTRAÇÕES: SETUP

$\left(\dfrac{5}{3}|\vec{v}_0|\right)^2 = |\vec{v}_0|^2 + |\Delta\vec{v}|^2 \Rightarrow \dfrac{25}{9}v_0^{\,2} = v_0^{\,2} + 20^2 \Rightarrow$
$\Rightarrow \dfrac{16}{9}v_0^{\,2} = 20^2 \Rightarrow \dfrac{4}{3}v_0 = 20 \Rightarrow \boxed{v_0 = 15\ m/s}$

7. Tudo se passa como se o automóvel estivesse parado e o helicóptero tivesse velocidade v_0 dada por:
$v_0 = (180\ km/h) - (144\ km/h) = 36\ km/h = 10\ m/s$



$h = 80$ m

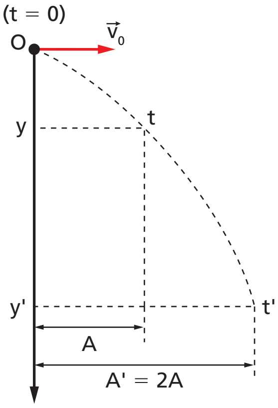
$h = \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow 80 = \frac{10}{2}t^2 \Rightarrow t = 4{,}0$ s

$A = (v_0)(t) = (10\ m/s)(4{,}0\ s) = 40$ m

$tg\ \theta = \frac{h}{A} = \frac{80\ m}{40\ m} = 2$

$\theta = arc\ tg\ 2 \cong 63{,}4°$

8. (t = 0)



$A = v_0t;\ A' = v_0t'$

$A' = 2A \Rightarrow v_0t' = 2(v_0t) \Rightarrow t' = 2t$ (1)

$y = \frac{g}{2}t^2$

$y' = \frac{g}{2}(t')^2 = \frac{g}{2}(2t)^2 = \frac{g}{2}(4t^2) = 4y$

Resposta: *d*.

9. $h = 80\ cm = 0{,}80$ m

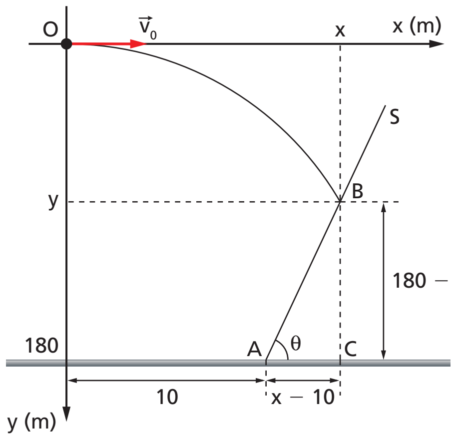
O tempo de queda é dado por:

$h = \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow 0{,}80 = \frac{10}{2}t^2 \Rightarrow t = 0{,}4$ s

$\left.\begin{array}{l} A = 80\ m \\ A = v_0t \end{array}\right\} \Rightarrow 80 = v_0t \Rightarrow 80 = v_0(0{,}4) \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{v_0 = 200\ m/s}$

10.



Adotemos um sistema de coordenadas com origem *O* como mostra a figura. As equações horárias de *x* e *y* são:

$x = 15t;\ y = 5{,}0t^2$

Considerando o triângulo retângulo ABC, temos:

$tg\ \theta = \frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \frac{180 - y}{x - 10} = \frac{180 - 5{,}0t^2}{15t - 10}$

Mas, $\theta = 64°$ e, consultando a tabela deste CD, obtemos $tg\ \theta = tg\ 64° \cong 2{,}0$.

Assim: $2{,}0 = \frac{180 - 5{,}0t^2}{15t - 10}$

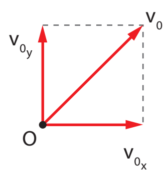
Resolvendo esta última equação, obtemos as raízes $t' = 4{,}0$ e $t'' = -10$. Desprezando a raiz negativa, temos $t = 4{,}0$ s.

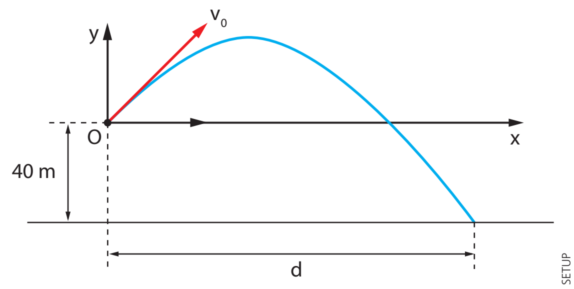
$t = 4{,}0\ s \Rightarrow y = 5{,}0t^2 = (5{,}0)(4{,}0)^2 \Rightarrow y = 80$ m

$h = 180 - y = 180 - 80 \Rightarrow \boxed{h = 100\ m}$

11. e

12.





No instante em que é lançada, a pedra tem velocidade vertical $v_{0_y} = 10$ m/s (a do balão) e horizontal $v_{0_x} = 30$ m/s.

A equação horária de *y* é:

$y = v_{0_y}t - 5{,}0t^2$

$y = 10t - 5{,}0t^2$

Cálculo do instante em que a pedra chega ao solo:

$y = -40$ m

$-40 = 10t - 5{,}0t^2 \Rightarrow t^2 - 2{,}0t - 8{,}0 = 0$

Resolvendo: $t = 4{,}0$ s

A equação horária de *x* é: $\begin{cases} x = v_{0_x}t \\ x = 30t \end{cases}$

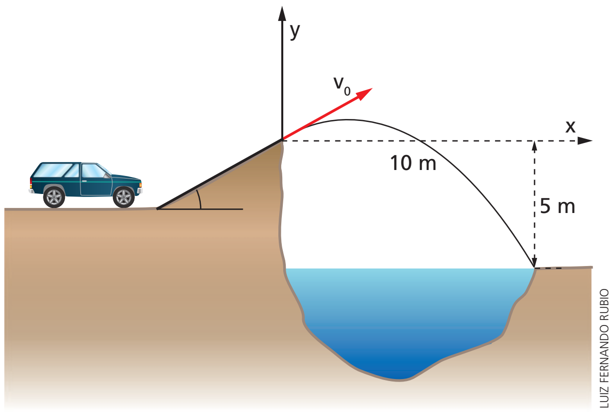
A distância *d* vale:

$d = 30 \cdot 4{,}0 \Rightarrow d = 120$ m

Resposta: *c*.

13. 45 m

14. Dados: $sen\ \theta = 0{,}26;\ cos\ \theta = 0{,}97;\ sen^2\ \theta = 0{,}07;\ cos^2\ \theta = 0{,}94;\ g = 9{,}8\ m/s^2$



$v_{0_x} = v_0 \cdot \cos\theta = v_0 \cdot 0{,}97$
$v_{0_y} = v_0 \cdot \operatorname{sen}\theta = v_0 \cdot 0{,}26$

Equações horárias de *x* e *y*:

$y = v_{0_y} t - 4{,}9t^2 \Rightarrow y = 0{,}26 v_0 t - 4{,}9t^2$

$x = v_{0_x} \cdot t \Rightarrow x = 0{,}97 v_0 t$

Para x = 10 m:

$10 = 0{,}97 v_0 t \Rightarrow t = \dfrac{10}{0{,}97 v_0}$

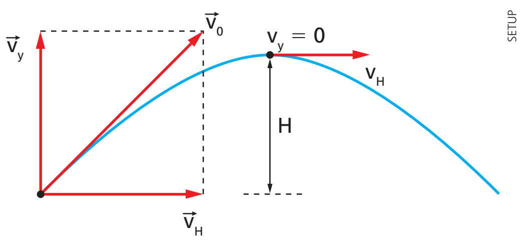
Para y = −5 m:

$-5 = 0{,}26 v_0 \cdot \dfrac{10}{0{,}97 v_0} - 4{,}9 \dfrac{100}{0{,}94 v_0^2}$

$-5 = 2{,}68 - \dfrac{521{,}3}{v_0^{\,2}} \Rightarrow \dfrac{521{,}3}{v_0^{\,2}} = 7{,}68$

$v_0^2 = 67{,}9 \Rightarrow \boxed{v_0 = 8{,}24 \text{ m/s}}$

15. $v_y = \sqrt{2gH}$ (equação de Torricelli)



$v_0^2 = v_y^2 + v_H^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow v_H^2 = v_0^2 - v_y^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow v_H = \sqrt{v_0^2 - v_y^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_H = \sqrt{v_0^2 - 2gh}$

Resposta: *d*.

16. 45 m/s

17. c

18. b

19. 11 m/s

20. c

21. c

22. 75°

23. $A = \dfrac{v_0^{\,2} \cdot \operatorname{sen} 2\theta}{g} = \dfrac{v_0^{\,2} \cdot (2 \cdot \operatorname{sen}\theta \cdot \cos\theta)}{g}$

$H = \dfrac{v_{0_y}^2}{2g} = \dfrac{(v_0 \cdot \operatorname{sen}\theta)^2}{2g} = \dfrac{v_0^2 \cdot \operatorname{sen}^2\theta}{2g}$

$A = H \Rightarrow \dfrac{v_0^2(2 \operatorname{sen}\theta \cos\theta)}{g} = \dfrac{v_0^2 \operatorname{sen}^2\theta}{2g} \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{2\cos\theta}{1} = \dfrac{\operatorname{sen}\theta}{2} \Rightarrow \dfrac{\operatorname{sen}\theta}{\cos\theta} = 4 \Rightarrow \operatorname{tg}\theta = 4$

Portanto: $\theta = \operatorname{arc\,tg} 4 \cong 76°$

24. b

25. a) 45°

b) $4\sqrt{30}$ m/s

c) 12 m

26. a) $20\sqrt{2}$ m/s

b) 80 m

27. 4

28. a

29. a) 6,0 s

b) 120 m

c) 20 m/s

30. v_0 = velocidade inicial da partícula *A* = 10 m/s

v_0' = velocidade inicial da partícula *B*

$\theta = 60°$; $g = 10$ m/s²

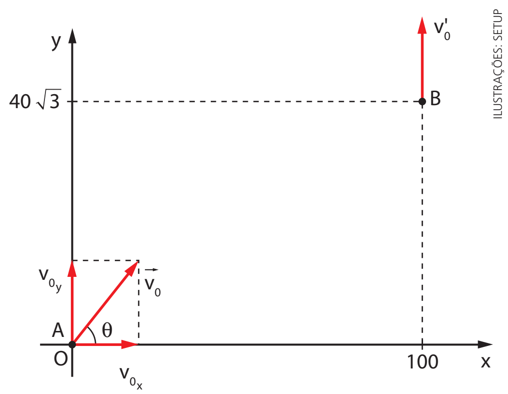


Figura *a*.

a) Para a partícula lançada obliquamente:

$v_{0_y} = v_0 \cdot \operatorname{sen} 60° = 10 \dfrac{\sqrt{3}}{2}$

$v_{0_y} = 5{,}0\sqrt{3}$ m/s

$v_{0_x} = v_0 \cdot \cos 60° = 10\left(\dfrac{1}{2}\right)$

$v_{0_x} = 5{,}0$ m/s

$100 = (v_{0_x})(t) \Rightarrow 100 = (5{,}0)(t) \Rightarrow \boxed{t = 20 \text{ s}}$

b) Representando os deslocamentos na ausência de gravidade, o encontro ocorreria no ponto *C* (fig. *b*).

Respostas e resoluções

Atual Editora

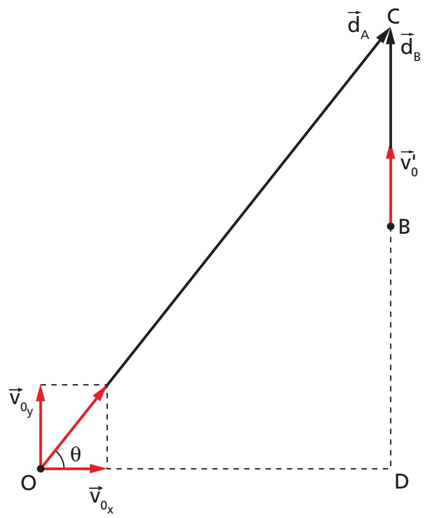


Figura *b*.

$\theta = 60° \Rightarrow \text{tg}\ \theta = \sqrt{3}$

$\dfrac{DC}{OD} = \text{tg}\ \theta \Rightarrow \dfrac{DC}{100} = \sqrt{3} \Rightarrow DC = 100\sqrt{3}$ m

Lembrando que $DB = 40\sqrt{3}$ m, temos:

$BC = DC - DB = 100\sqrt{3} - 40\sqrt{3} \Rightarrow BC = 60\sqrt{3}$ m

$BC = (v'_0)(t) \Rightarrow 60\sqrt{3} = v'_0(20) \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{v'_0 = 3\sqrt{3}\ \text{m/s}}$

31. As duas partículas terão, devido à gravidade, o mesmo deslocamento *d* para baixo, dado por:

$\vec{d} = \frac{1}{2}\vec{g}t^2$

Assim: $|\vec{d}| = \frac{1}{2}(10)(20)^2 \Rightarrow |\vec{d}| = 2000$ m

O ponto de encontro (E) terá ordenada dada por:

$100\sqrt{3} - 2000 \cong -1827$ m, como ilustra a figura *c*.

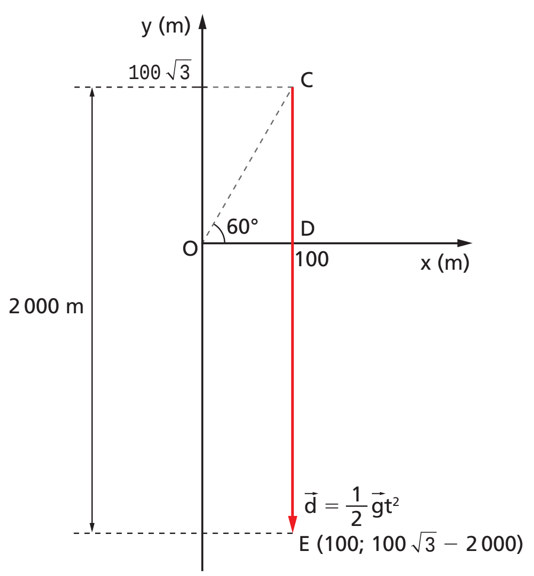


Figura *c*.

CAPÍTULO 15 – FORÇA DE ATRITO

Exercícios complementares

1. a) 12 N
b) 8,0 N
c) 6,0 m/s²
d) 50 N

2. c

3. c

4. a) 2,0 m/s²
b) 1,0 m/s²
c) 36 N

5. a

6. 0,16 m/s²

7. e

8. 12 N

9. d

10. a) $\overline{AB} = d = \dfrac{h}{\text{sen}\ \alpha}$

Quando não há atrito, sabemos que a aceleração é $\alpha_1 = g \cdot \text{sen}\ \alpha$.
Portanto, usando a equação horária do MUV, temos (lembrando que $v_0 = 0$):

$s = s_0 + v_0t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \Rightarrow d = \frac{1}{2}\alpha_1 \cdot t_0^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{h}{\text{sen}\ \alpha} = \frac{1}{2}(g \cdot \text{sen}\ \alpha)\ t_0^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow t_0^2 = \dfrac{2h}{g \cdot \text{sen}^2\ \alpha} \Rightarrow t_0 = \dfrac{1}{\text{sen}\ \alpha}\sqrt{\dfrac{2h}{g}}$

b) Retirando as rodas haverá atrito e, nesse caso, aproveitando o resultado do exercício 50 do livro, a aceleração é $\alpha_2 = g \cdot (\text{sen}\ \alpha - \mu \cdot \cos\ \alpha)$. Usando a equação horária do MUV:

$s = s_0 + v_0t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \Rightarrow d = \frac{1}{2}\alpha_2 \cdot t^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{h}{\text{sen}\ \alpha} = \frac{1}{2}g(\text{sen}\ \alpha - \mu \cos\ \alpha)t^2 \qquad (1)$

Mas $t = 2t_0$, e assim:

$t^2 = 4t_0^2 = \dfrac{8h}{g \cdot \text{sen}^2\ \alpha}$

Substituindo em (1):

$\dfrac{h}{\text{sen}\ \alpha} = \dfrac{g \cdot (\text{sen}\ \alpha - \mu \cos\ \alpha)}{2} \cdot \dfrac{8h}{g \cdot \text{sen}^2\ \alpha} \Rightarrow$

$\Rightarrow 1 = \dfrac{4 \cdot (\text{sen}\ \alpha - \mu \cos\ \alpha)}{\text{sen}\ \alpha} \Rightarrow$

$\Rightarrow \text{sen}\ \alpha = 4 \cdot \text{sen}\ \alpha - 4 \cdot \mu \cdot \cos\ \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow 4\mu \cos\ \alpha = 3\ \text{sen}\ \alpha \Rightarrow \mu = \dfrac{3 \cdot \text{sen}\ \alpha}{4 \cos\ \alpha} = \dfrac{3}{4}\text{tg}\ \alpha$

11. sen θ = 0,60 ⇒ cos θ = 0,80; g = 10 m/s²; $\mu_A = 0{,}25$; $\mu_B = 0{,}50$

$m_A = 4{,}0$ kg; $P_A = 40$ N; $P_{x_A} = P_A \cdot \text{sen}\ \theta = 24$ N; $P_{y_A} = P_A \cdot \cos\theta = 32$ N

$m_B = 6{,}0$ kg; $P_B = 60$ N; $P_{x_B} = P_B \cdot \text{sen}\ \theta = 36$ N; $P_{y_B} = P_B \cdot \cos\theta = 48$ N

$F_{at_A} = F_1 = \mu_A \cdot N_A = \mu_A \cdot P_{y_A} = 8{,}0$ N

$F_{at_B} = F_2 = \mu_B \cdot N_B = \mu_B \cdot P_{y_B} = 24$ N

$P_{x_A} - T - F_1 = m_A \cdot \alpha \Rightarrow 24 - T - 8{,}0 = 4{,}0 \cdot \alpha \Rightarrow$
$\Rightarrow 16 - T = 4{,}0 \cdot \alpha$ ①

$P_{x_B} + T - F_2 = m_B \cdot \alpha \Rightarrow 36 + T - 24 = 6{,}0 \cdot \alpha \Rightarrow$
$\Rightarrow 12 + T = 6{,}0 \cdot \alpha$ ②

a) Somando membro a membro as equações ① e ②, obtemos:
$28 = 10 \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = 2{,}8$ m/s²

b) Substituindo em ①:
$16 - T = 4{,}0 \cdot 28 \Rightarrow T = 4{,}8$ N

12. Seguindo o mesmo raciocínio do exercício anterior, obtemos T = 0. No entanto podemos obter essa resposta sem cálculos, usando a conclusão do exercício 50 do livro. Lá vimos que um bloco de massa *m*, abandonado num plano inclinado, cujo coeficiente de atrito é μ, desliza com aceleração α dada por $\alpha = g \cdot (\text{sen}\ \theta - \mu \cdot \cos\theta)$, isto é, a aceleração não depende da massa. Neste exercício temos $\mu_A = \mu_B$ e, portanto, mesmo sem o fio, os dois blocos deslizam com a mesma aceleração. Assim, T = 0.

13. a) Não. b) Não.

14. a) $8{,}0 \text{ kg} \leqslant m_B \leqslant 16$ kg
b) 12 kg

15. O conjunto A + B move-se pela rampa sem atrito, como se fosse um único corpo. Portanto, de acordo com o que vimos na teoria do plano inclinado, o conjunto A + B tem aceleração $\vec{a}$ cuja direção é paralela à rampa, cujo sentido é para baixo (fig. *a*) e cujo módulo é dado por:

$a = g \cdot \text{sen}\ \theta = 10(0{,}60) \Rightarrow a = 6{,}0$ m/s²

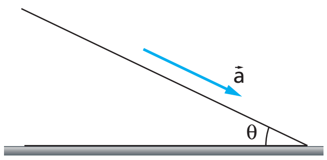


Figura *a*.

Sobre o bloco *A* atuam pelo menos duas forças, ambas **verticais**: o peso $\vec{P}$ e a força normal $\vec{F}_N$ exercida pelo carro (fig. *b*). Mas a aceleração $\vec{a}$ pode ser decomposta em uma componente horizontal $\vec{a}_x$ e uma componente vertical $\vec{a}_y$ (fig. *c*). Existindo a componente horizontal $\vec{a}_x$, deve haver uma força horizontal: é a força de atrito $\vec{F}_{at}$ (fig. *d*). Se não houvesse essa força de atrito, o bloco *A* escorregaria sobre *B*.

$P = m \cdot g = 10(10) \Rightarrow P = 100$ N

Figura *b*.

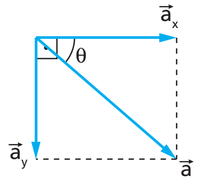


Figura *c*.

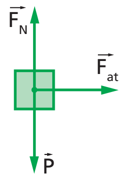


Figura *d*.

Da figura *c* tiramos:

$$\begin{cases} a_x = a \cdot \cos\theta = (6{,}0)(0{,}80) \Rightarrow a_x = 4{,}8 \text{ m/s}^2 \\ a_y = a \cdot \text{sen}\ \theta = (6{,}0)(0{,}60) \Rightarrow a_y = 3{,}6 \text{ m/s}^2 \end{cases}$$

Aplicando a Segunda Lei de Newton para a direção horizontal e para a direção vertical, temos:

$$\begin{cases} P - F_N = m \cdot a_y \\ F_{at} = m \cdot a_x \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 100 - F_N = 10(3{,}6) \\ F_{at} = 10(4{,}8) \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F_N = 64 \text{ N} \\ F_{at} = 48 \text{ N} \end{cases}$$

CAPÍTULO 16 – FORÇA ELÁSTICA

Exercícios

2. a) 10 N/m b) 0,70 m

3. 40 N/m

4. $\frac{k}{3}$

6. 400 N/m

7. 150 N/m

8. A mola original, cuja constante é 30 N/m, pode ser imaginada como a associação em série de duas molas iguais de constante k_1 cada.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_1} \Rightarrow \frac{1}{30} = \frac{2}{k_1} \Rightarrow k_1 = 60 \text{ N/m}$$

Essas duas molas, associadas em paralelo, terão uma constante equivalente *k'* dada por $k' = 2k_1 = 120$ N/m.

9. 20 N/m

10. 4,2 N/m

11. 240 N/m

12. *c*

13. A mola original de constante *k* pode ser imaginada como a associação em série de duas molas idênticas de constante k_1 cada.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_1} \Rightarrow k_1 = 2k$$

Associando as duas partes em paralelo, a constante equivalente será:

$k' = 2k_1 = 2(2k) = 4k$

Na primeira experiência, temos:

$$F = kx \Rightarrow x = \frac{F}{k} = 12 \text{ cm}$$

Na segunda experiência, temos:

$$F = k'x' \Rightarrow x' = \frac{F}{k'} = \frac{F}{4k} = \frac{1}{4}\left(\frac{F}{k}\right) =$$

$$= \frac{1}{4}(12 \text{ cm}) = 3 \text{ cm}$$

Resposta: *a*.

14. $F = k_1(\Delta x_1) = k_2(\Delta x_2)$. Mas $k_1 = k_2$. Portanto: $\Delta x_1 = \Delta x_2$.

Resposta: *b*.

15. a) As duas molas, estando em série, suportam forças de mesma intensidade: 5 N.

b) $F = P = mg \Rightarrow m = \frac{F}{g} = \frac{5 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 0{,}5 \text{ kg}$

16. a) No gráfico vemos que, para a mola M_2, quando a elongação é 3,0 cm, a intensidade da força é 15 N.

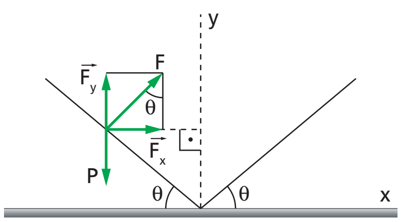
b) Estando as molas em série, devem suportar forças de mesma intensidade. Assim, a intensidade da força em M_1 também é 15 N; para essa intensidade, o gráfico nos dá uma elongação de 8 cm.

CAPÍTULO 17 – MOVIMENTO PLANO COM TRAJETÓRIA CURVA

Exercícios

1. a

2.



Na direção de *y*:

$F_y = P = mg$ ①

Na direção de *x*, a força $\vec{F}_x$ faz o papel de força centrípeta:

$$F_x = F_{cp} = \frac{mv^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

Sendo $R = d$, temos:

$F_x = m \cdot \omega^2 \cdot d$ ②

Das equações ① e ② e da figura, temos:

$$\text{tg } \theta = \frac{F_x}{F_y} \Rightarrow \text{tg } \theta = \frac{\cancel{m} \cdot \omega^2 \cdot d}{\cancel{m} \cdot g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{g \cdot \text{tg } \theta}{d} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g \cdot \text{tg } \theta}{d}} \quad ③$$

Sendo $\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$ ④

De ③ e ④, tiramos que:

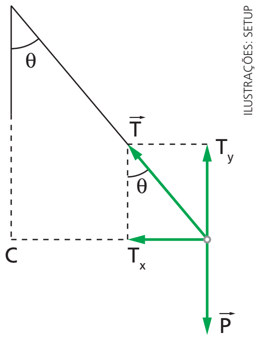
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{d}{g \cdot \text{tg } \theta}}$$

Resposta: *c*.

3. b

4. e

5. a)



1) $T_y = P = mg$

2) $T_x = F_{cp} = m\omega^2 R$

3) $\text{sen } \theta = \frac{R}{L} \Rightarrow R = L \text{ sen } \theta$

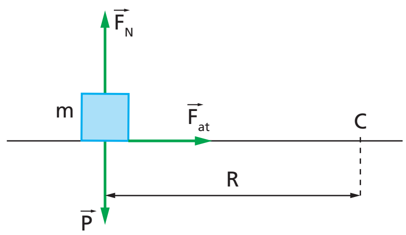
4) $\text{tg } \theta = \frac{T_x}{T_y} = \frac{m\omega^2 R}{mg}$

$$\frac{\omega^2 R}{g} = \text{tg } \theta \Rightarrow \omega^2 \cdot L \text{ sen } \theta = g \cdot \frac{\text{sen } \theta}{\cos \theta}$$

$$\omega^2 = \frac{g}{L \cos \theta} \Rightarrow \boxed{\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta}}}$$

b) $\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta}} \Rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{L \cos \theta}{g}}}$

6.



a) A expressão do módulo da força centrípeta é:

$\boxed{F_c = m\omega^2 R}$

b) A força de atrito que o disco aplica no bloco desempenha o papel de resultante centrípeta.

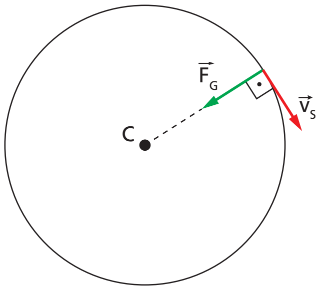
Estando o bloco na iminência de deslizar, a força de atrito está solicitada ao máximo (é igual à força de atrito de destaque).

$F_{at} = \mu_e mg = m\omega^2 R$

$\boxed{\mu_e = \frac{\omega^2 R}{g}}$

Respostas e resoluções

7.



a) A força gravitacional que a Terra aplica no corpo lançado faz o papel de resultante centrípeta:

$F_G = F_{cp}$

$mg = \dfrac{mv_S^2}{R}$

$v_S = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \cdot 6{,}4 \cdot 10^6}$ (m/s)

$v_S = 8{,}0 \cdot 10^3$ m/s $\Rightarrow \boxed{v_S = 8{,}0 \text{ km/s}}$

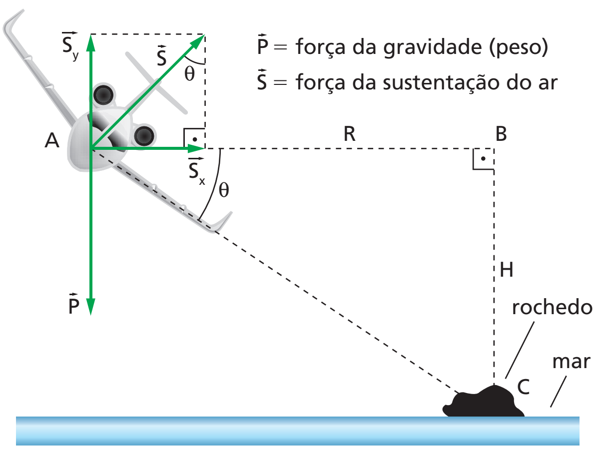
b) $v_S = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{2\pi R}{T}$

$8{,}0 \cdot 10^3 = \dfrac{2 \cdot 3 \cdot 6{,}4 \cdot 10^6}{T}$

$T = \dfrac{6 \cdot 64 \cdot 10^5}{8{,}0 \cdot 10^3}$ (s)

$T = 4\,800 \text{ s} = \dfrac{4\,800}{60} \text{ min} \Rightarrow \boxed{T = 80 \text{ min}}$

8. a) Durante a curva, o avião pode ser representado como fazemos a seguir.



A força de sustentação $\vec{S}$, aplicada pelo ar, é perpendicular às asas do avião.
A componente vertical $\vec{S}_y$ equilibra o peso, e a componente horizontal $\vec{S}_x$ faz o papel de resultante centrípeta.
No triângulo retângulo destacado, temos:

$\text{tg } \theta = \dfrac{S_x}{S_y} = \dfrac{F_{cp}}{P} \Rightarrow \text{tg } \theta = \dfrac{\frac{mv^2}{R}}{mg} \Rightarrow \boxed{\text{tg } \theta = \dfrac{v^2}{gR}}$

b) O avião descreve um arco de comprimento πR (meia-volta) em 90 s e, portanto:

$v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{\pi R}{\Delta t} = \dfrac{3R}{90} = \dfrac{R}{30} \Rightarrow R = 30v$ (SI)

Substituindo-se o valor de R na expressão de tg θ, vem:

$\text{tg } \theta = \dfrac{v^2}{g \cdot 30 \cdot v} = 0{,}6$

$v = 0{,}6 \cdot 10 \cdot 30$ (m/s)

$\boxed{v = 180 \text{ m/s} = 648 \text{ km/h}}$

c) O valor do raio da curva fica determinado por:

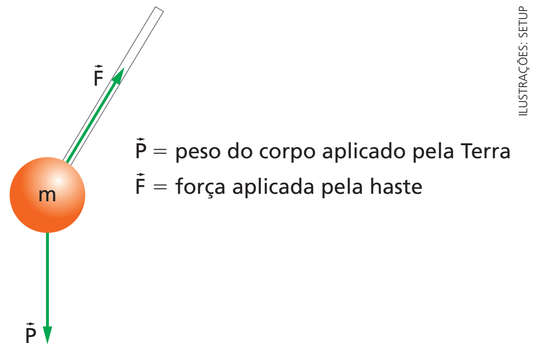
$R = 30v$

$R = 30 \cdot 180 \text{ (m)} \Rightarrow R = 5\,400 \text{ m}$

Retomando-se a figura anterior e considerando-se o triângulo retângulo ABC, calculamos a altura H do avião.

$\text{tg } \theta = \dfrac{H}{R} \Rightarrow 0{,}6 = \dfrac{H}{5\,400} \Rightarrow H = \boxed{H = 3\,240 \text{ m}}$

9. a)



b) $\omega = \sqrt{30}$ rad/s $\cong 5{,}5$ rad/s

CAPÍTULO 18 – TRABALHO E ENERGIA CINÉTICA

Exercícios complementares

1. O trabalho de $\vec{F}$ se calcula pela área do trapézio formado entre x_1 e x_2 e sob o gráfico da força:

$\mathcal{T} \overset{N}{=}$ área do trapézio $= \dfrac{(B + b) \cdot h}{2}$

$\mathcal{T} = \dfrac{(25 + 5{,}0) \cdot 100}{2} \Rightarrow \mathcal{T} = 2\,000 \text{ J}$

Usando o TEC entre x_1 e x_2:

$\mathcal{T}_F + \mathcal{T}_{atr} = \dfrac{m \cdot v_2^2}{2} - \dfrac{m \cdot v_1^2}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \mathcal{T}_F + F_{at} \cdot \Delta x \cdot \cos 180° = \dfrac{m \cdot v_2^2}{2} - \dfrac{m \cdot v_1^2}{2}$

Substituindo-se os valores dados e obtidos:

$2\,000 - (F_{at}) \cdot 100 = \dfrac{2{,}0 \cdot 20^2}{2} - \dfrac{2{,}0 \cdot 10^2}{2} = 300$

$100 \cdot (F_{at}) = 1\,700 \Rightarrow F_{at} = 17 \text{ N}$

Sendo:

$F_{at} = \mu \cdot m \cdot g \Rightarrow \mu = \dfrac{F_{at}}{m \cdot g} = \dfrac{17}{2{,}0 \cdot 10} \Rightarrow \mu = 0{,}85$

Resposta: *e*.

2. c

3. b

4. a) $F = 60\ N$

b) $F = 60\ N$

c) $\tau_P = \tau_F$ (módulos iguais)

5. c

6. a) 0,10 m

b) 0,40 m

7. Como a potência é constante, a potência instantânea é igual à potência média:

$P = P_m = \dfrac{\tau}{\Delta t}$ ①

Usando o Teorema da Energia Cinética (TEC):

$\tau = \dfrac{m \cdot v^2}{2} - \dfrac{m \cdot v_0^2}{2}$

Mas:

$v_0 = 0 \Rightarrow \tau = \dfrac{mv^2}{2}$ ②

Substituindo-se ② em ①, vem:

$P = \dfrac{mv^2}{2t}$ pois $\Delta t = t - 0 = t$

Logo: $v^2 = \left(\dfrac{2P}{m}\right) \cdot t$ ③

No lado direito da equação ③, temos:

$\dfrac{2P}{m} = \text{constante} = k$

Então: $\boxed{v^2 = k \cdot t}$

Resposta: *c*.

8. a) Calculemos, inicialmente, a energia que deixará de ser produzida por uma turbina, em 3 horas:

$\Delta E = P_1 \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta E = 680 \cdot 10^3\ (kW) \cdot 3{,}0\ (h)$

$\Delta E = 2{,}04 \cdot 10^6\ kWh$

Cada domicílio consome $E_1 = 4{,}0\ kWh$. Portanto, *N* domicílios consumirão:

$\Delta E = N \cdot E_1$

$N = \dfrac{\Delta E}{E_1} = \dfrac{2{,}04 \cdot 10^6}{4{,}0} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{N = 5{,}1 \cdot 10^5 \text{ domicílios}}$

b) A turbina recebe uma vazão de 600 m³/s.

$\varnothing = \dfrac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow \Delta V = \varnothing \cdot \Delta t = 600 \cdot 1{,}0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta V = 600\ m^3$

A densidade da água é 1 000 kg/m³. Logo:

$M = 600 \cdot 10^3\ kg$ ou $\boxed{M = 6{,}0 \cdot 10^5\ kg}$

c) Cálculo da potência da turbina:

$P = \dfrac{\tau_P}{\Delta t} = \dfrac{M \cdot g \cdot h}{\Delta t}$

Usando $\Delta t = 1{,}0\ s$, temos $M = 6{,}0 \cdot 10^5\ kg$

$P = \dfrac{6{,}0 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 120}{1{,}0} \Rightarrow P = 720 \cdot 10^6\ W \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{P = 720\ MW}$

CAPÍTULO 19 – ENERGIA E POTÊNCIA

Exercícios complementares

1. a) $P = 0{,}1 \cdot A \cdot v^3$

Sendo $A = 2\ m^2$ e $v = 5\ m/s$, vem:

$P = 0{,}1 \cdot 2 \cdot (5)^3\ (W) \Rightarrow \boxed{P = 25\ W}$

b) 1) Como a densidade da água é de 1 kg/L, o volume de 1 L corresponde a uma massa de 1 kg.

2) $E = mgh$ (sem acréscimo de energia cinética)

$E = 1 \cdot 10 \cdot 7{,}5\ (J) \Rightarrow \boxed{E = 75\ J}$

c) $P = \dfrac{E}{\Delta t} = \dfrac{mgh}{\Delta t}$

Sendo $m = \mu \cdot V$, vem:

$P = \mu \dfrac{V}{\Delta t} gh$

$\dfrac{V}{\Delta t} = z_1$ (vazão)

$P = \mu z_1 gh$

$z_1 = \dfrac{P}{\mu gh} \Rightarrow z_1 = \dfrac{25}{1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 7{,}5}\ m^3/s$

$z_1 = \dfrac{25}{7{,}5} \cdot 10^{-4}\ m^3/s \Rightarrow z_1 = \dfrac{10}{3} \cdot 10^{-4}\ m^3/s$

$z_1 = \dfrac{1}{3} \cdot 10^{-3}\ m^3/s \Rightarrow z_1 = \dfrac{1}{3}\ L/s$

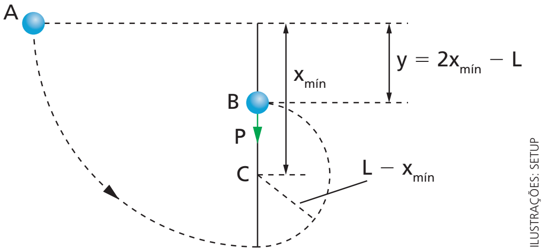
Em 1 s $\Rightarrow \boxed{V_1 = \dfrac{1}{3}\ L}$

d) Se a velocidade do vento for reduzida à metade, então a potência será reduzida à sua oitava parte, pois esta é proporcional a v^3. Logo a vazão também ficará dividida por 8.

$z_2 = \dfrac{z_1}{8} = \dfrac{1}{24}\ L/s$

Em 1 s, temos $\boxed{V_2 = \dfrac{1}{24}\ L}$

2.



1º) A condição limite para completar a circunferência ($x = x_{mín}$) é que, no ponto mais alto da trajetória, a força de tração no fio se anule e o peso faça o papel de resultante centrípeta:

$P = F_{cp}$

$mg = \dfrac{mv_B^2}{L - x_{mín}}$

$v_B^2 = g(L - x_{mín})$

2º) Conservação da energia mecânica entre os pontos *A* e *B*:

$E_B = E_A$ (referência em *B*)

$$\frac{mv_B^2}{2} = mg(2x_{mín} - L)$$

$$\frac{g(L - x_{mín})}{2} = g(2x_{mín} - L)$$

$$L - x_{mín} = 2(2x_{mín} - L)$$

$$L - x_{mín} = 4x_{mín} - 2L$$

$$5x_{mín} = 3L$$

$$x_{mín} = \frac{3L}{5}$$

Sendo $x < L$, a faixa de variação é:

$$\boxed{\frac{3L}{5} < x < L}$$

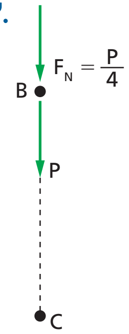
3. c

4. $v_0 = 50$ m/s

5. c

6. d

7.



$$F_N + P = F_{cpB}$$

$$\frac{mg}{4} + mg = \frac{mv_B^2}{R}$$

$$\frac{5}{4}gR = v_B^2$$

$$v_B = \frac{\sqrt{5gR}}{2} = \frac{\sqrt{5 \cdot 10 \cdot 4{,}0}}{2} \text{ (m/s)}$$

$$v_B = \frac{\sqrt{200}}{2} \text{ (m/s)} = \frac{10}{2}\sqrt{2} \text{ (m/s)}$$

$$v_B = 5\sqrt{2} \text{ m/s} \cong 7{,}1 \text{ m/s}$$

Resposta: *a*.

8. No instante *T* em que o corpo perde o contato com o anteparo, ele tem uma velocidade escalar v_1, a mola está deformada de x_1 e sua aceleração tem módulo *a*.

1º) Equação de Torricelli:

$$v_1^2 = v_0^2 + 2ax_1 \Rightarrow v_1^2 = 2ax_1 \quad (1)$$

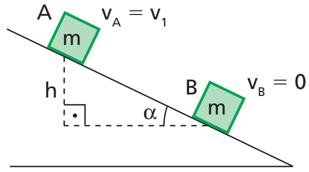
2º) PFD: $P_t - F_e = ma$

$$mg \text{ sen } \alpha - kx_1 = ma$$

$$kx_1 = m(g \text{ sen } \alpha - a) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{m(g \text{ sen } \alpha - a)}{k} \quad (2)$$

3º) A partir do instante *T*, vale a conservação da energia mecânica:



$$h = (x_2 - x_1) \cdot \text{sen } \alpha$$

$E_B = E_A$ (referência em *B*)

$$\frac{kx_2^2}{2} = \frac{kx_1^2}{2} + mg(x_2 - x_1) \text{ sen } \alpha + \frac{mv_1^2}{2}$$

$$\frac{kx_2^2}{2} = \frac{k}{2} \cdot \frac{m^2}{k^2}(g \text{ sen } \alpha - a)^2 +$$

$$+ mg\left[x_2 - \frac{m(g \text{ sen } \alpha - a)}{k}\right] \text{sen } \alpha +$$

$$+ \frac{m}{2} 2am \frac{(g \text{ sen } \alpha - a)}{k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{kx_2^2}{2} = \frac{m^2}{2k}(g \text{ sen } \alpha - a)^2 +$$

$$+ mgx_2 \text{ sen } \alpha - m^2g \frac{(g \text{ sen } \alpha - a)}{k} \cdot \text{sen } \alpha +$$

$$+ m^2a \frac{(g \text{ sen } \alpha - a)}{k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{kx_2^2}{2} - x_2 \, mg \text{ sen } \alpha =$$

$$= \frac{m^2}{k}(g \text{ sen } \alpha - a)\left[\frac{(g \text{ sen } \alpha - a)}{2} - g \text{ sen } \alpha + a\right] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{kx_2^2}{2} - x_2 mg \text{ sen } \alpha =$$

$$= \frac{m^2}{k}(g \text{ sen } \alpha - a)\frac{(-1)(g \text{ sen } \alpha - a)}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{kx_2^2}{2} - x_2 \, mg \text{ sen } \alpha = -\frac{m^2}{2k}(g \text{ sen } \alpha - a)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x_2^2 - \left(\frac{2}{k} mg \text{ sen } \alpha\right)x_2 + \frac{m^2}{k^2}(g \text{ sen } \alpha - a)^2 = 0$$

$$x = \frac{\frac{2mg \text{ sen } \alpha}{k} \pm \sqrt{\frac{4m^2g^2 \text{ sen}^2 \alpha}{k^2} - \frac{4m^2}{k^2}(g \text{ sen } \alpha - a)^2}}{2}$$

$$x = \frac{mg \text{ sen } \alpha}{k} \pm \frac{m}{k}\sqrt{g^2 \text{ sen}^2 \alpha - (g \text{ sen } \alpha - a)^2}$$

$$x = \frac{mg \text{ sen } \alpha}{k} \pm \frac{m}{k}\sqrt{2ag \text{ sen } \alpha - a^2}$$

$$x = \frac{mg \text{ sen } \alpha + m\sqrt{a(2g \text{ sen } \alpha - a)}}{k}$$

Resposta: *c*.

CAPÍTULO 20 – QUANTIDADE DE MOVIMENTO E IMPULSO

Exercícios complementares

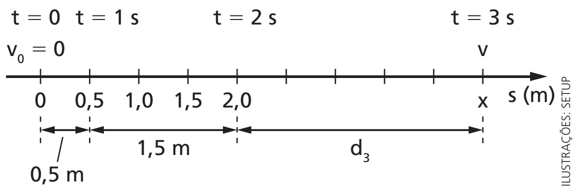
1. b

2. a

3. $E_C = \frac{Q^2}{2m} \Rightarrow 2E_C = \frac{Q^2}{m}$

Resposta: *a*.

4. a)



Num movimento uniformemente variado, as distâncias percorridas em intervalos de tempo iguais e consecutivos formam uma progressão aritmética.

$d_3 - 1{,}5 = 1{,}5 - 0{,}5 \Rightarrow \boxed{d_3 = 2{,}5\text{ m}}$

b) $x = 0{,}5 + 1{,}5 + 2{,}5 \Rightarrow x = 4{,}5\text{ m}$

$v_m = \dfrac{x}{\Delta t} = \dfrac{v + v_0}{2} \Rightarrow \dfrac{4{,}5}{3} = \dfrac{v + 0}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow v = 3{,}0\text{ m/s}$

$Q = m \cdot v = (5{,}0\text{ kg})(3{,}0\text{ m/s}) \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{Q = 15\text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

5. b

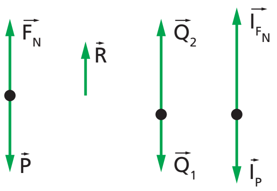
6. $m = 10\text{ g} = 10^{-2}\text{ kg}$

$I = mv = (10^{-2}\text{ kg})(3{,}0\text{ m/s}) \Rightarrow I = 3{,}0 \cdot 10^{-2}\text{ N} \cdot \text{s}$

Como a força normal tem sentido para cima, seu impulso também tem sentido para cima.

Resposta: *a*.

7.



a) $\begin{cases} Q_1 = (0{,}30)(10) = 3{,}0\text{ kg} \cdot \text{m/s} \\ Q_2 = (0{,}30)(8{,}0) = 2{,}4\text{ kg} \cdot \text{m/s} \end{cases}$

$|\Delta\vec{Q}| = 3{,}0 + 2{,}4 = 5{,}4\text{ kg} \cdot \text{m/s}$

$|\vec{I}_R| = |\Delta\vec{Q}| = 5{,}4\text{ N} \cdot \text{s}$

b) $|\vec{I}_P| = P \cdot (\Delta t) = (0{,}30)(10)(0{,}1) = 0{,}3 \cdot \text{N} \cdot \text{s}$

c) $\vec{I}_R = \vec{I}_{F_N} + \vec{I}_P$

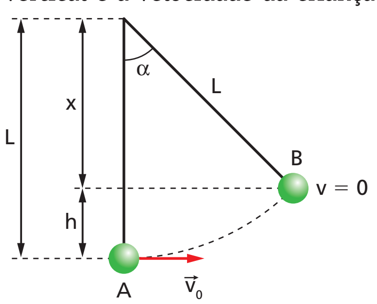
$|\vec{I}_R| = |\vec{I}_{F_N}| - |\vec{I}_P| \Rightarrow 5{,}4 = I_{F_N} - 0{,}3 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{F_N} = 5{,}7 \Rightarrow I_{F_N} = 5{,}7\text{ N} \cdot \text{s}$

d) $I_{F_N} = F_N \cdot (\Delta t) \Rightarrow 5{,}7 = F_N \cdot (0{,}1) \Rightarrow F_N = 57\text{ N}$

8. c

9. Suponhamos que o impulso tenha sido aplicado num curto intervalo de tempo, de modo que, após a aplicação do impulso, o balanço esteja praticamente na vertical e a velocidade da criança seja $\vec{v}_0$.



$I = mv_0 \Rightarrow v_0 = \dfrac{I}{m}$ ①

$x = L\cos\alpha$

$h = L - x = L - L\cos\alpha = L(1 - \cos\alpha)$

Entre os pontos *A* e *B* podemos aplicar a conservação da energia mecânica:

$\dfrac{mv_0^2}{2} = Mgh \Rightarrow v_0^2 = 2gh = 2gL(1 - \cos\alpha) \Rightarrow$

$\Rightarrow v_0 = \sqrt{2gL(1 - \cos\alpha)}$

$I = Mv_0 = M\sqrt{2gL(1 - \cos\alpha)}$

Resposta: *c*.

10. a) $5\sqrt{13} \cdot 10^3\text{ kg} \cdot \text{m/s} \cong 1{,}8 \cdot 10^4\text{ kg} \cdot \text{m/s}$

b) $\dfrac{25\sqrt{13}}{6} \cdot 10^3\text{ N} \cong 1{,}5 \cdot 10^4\text{ N}$

11.

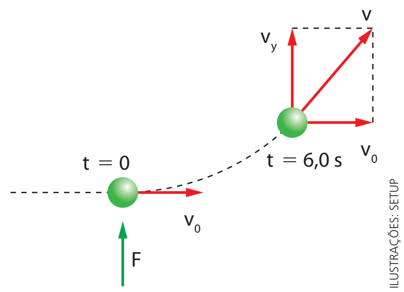


Figura *a*.

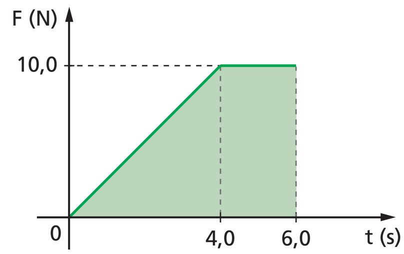


Figura *b*.

O impulso é numericamente igual à área da região sombreada na figura *b*:

$I = \dfrac{(6{,}0 + 2{,}0)(10{,}0)}{2} \Rightarrow I = 40\text{ N} \cdot \text{s}$

$I = mv_y \Rightarrow 40 = 10{,}0v_y \Rightarrow v_y = 4{,}0\text{ m/s}$

$v^2 = v_0^2 + v_y^2 = (3{,}0)^2 + (4{,}0)^2 \Rightarrow v = 5{,}0\text{ m/s}$

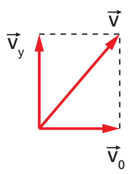


Figura *c*.

$E_C = \dfrac{mv^2}{2} = \dfrac{(10{,}0)(5{,}0)^2}{2} \Rightarrow E_C = 125\text{ J}$

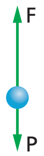
$\mathcal{T} = \dfrac{m}{2}(v^2 - v_0^2) = \dfrac{10{,}0}{2}\left[(5{,}0)^2 - (3{,}0)^2\right] \Rightarrow \mathcal{T} = 80\text{ J}$

$Q = m \cdot v = (10{,}0)(5{,}0) \Rightarrow Q = 50\text{ kg} \cdot \text{m/s}$

Portanto: I (V); II (V); III (F)

Resposta: *a*.

12. a) Essa situação é análoga à do *air bag* tratada no capítulo 18. Assim, a resposta é: "no choque com o piso fofo, o deslocamento até parar é maior e, portanto, a força média é menor".

b) 

$P = mg = (0{,}10\ \text{kg})(10\ \text{m/s}^2) = 10\ \text{N}$
$v_0 = 2{,}0\ \text{m/s};\ v = 0;\ \Delta t = 0{,}50\ \text{s}$

Sendo *F* o valor médio da força exercida pelo piso sobre a xícara, temos:
$I = (F - P)(\Delta t) = |\Delta Q| \Rightarrow (F - P)(\Delta t) = mv_0 \Rightarrow$
$\Rightarrow (F - 1{,}0)(0{,}50) = (0{,}10)(2{,}0) \Rightarrow F = 1{,}4\ \text{N}$

13. b

14. b

15. $m_H = 60\ \text{kg};\ m_M = 30\ \text{kg};\ v_H = 0{,}3\ \text{m/s}$
$m_H v_H = m_M v_M \Rightarrow (60)(0{,}3) = (30) \cdot v_M \Rightarrow v_M = 0{,}6\ \text{m/s}$
A velocidade relativa de afastamento entre o homem e o menino tem módulo *v* dado por:
$v = v_H + v_M = 0{,}3\ \text{m/s} + 0{,}6\ \text{m/s} = 0{,}9\ \text{m/s}$
Assim, 2,0 segundos após se separarem, a distância entre eles é:
$d = v \cdot (\Delta t) = (0{,}9\ \text{m/s})(2{,}0\ \text{s}) = 1{,}8\ \text{m}$
A energia mecânica do sistema não é conservada, pois inicialmente não havia energia cinética e depois há. Essa energia cinética que apareceu veio da energia química armazenada nos corpos das duas pessoas. Portanto, as forças exercidas entre elas não são conservativas.
A quantidade de movimento do sistema é nula tanto antes como depois do empurrão. Assim:
(01) V; (02) F; (04) F; (08) V; (16) F; (32) V
Resposta: 41.

16. a) $30\ \text{N} \cdot \text{s}$ b) $0{,}60\ \text{m/s};\ 0{,}40\ \text{m/s}$

17. a) $m = 800\,000\ \text{kg} - 10\,000\ \text{kg} = 790\,000\ \text{kg}$
b) $(10\,000\ \text{kg})(2\,000\ \text{m/s}) = (790\,000\ \text{kg})v \Rightarrow$
$\Rightarrow v \cong 25{,}3\ \text{m/s}$

$$y = y_0 + \underbrace{v_{0y}}_{0} t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow 0 = 45 - 5{,}0t^2 \Rightarrow t = 3\ \text{s}$$

18. a) O tempo de descida é 3 s. O tempo de subida é igual ao tempo de descida:
$\boxed{T_0 = 3\ \text{s}}$

b) $x = \underbrace{x_0}_{0} + v_x T_0 \Rightarrow 60 = v_x \cdot 3 \Rightarrow \boxed{v_x = 20\ \text{m/s}}$

$$m_0 v_x = \frac{m_0}{2} \cdot \underbrace{v_{A_X}}_{0} + \frac{m_0}{2} \cdot v_B \Rightarrow 20 = \frac{v_B}{2} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \boxed{v_B = 40\ \text{m/s}}$

c) $$E_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_0}{2} \cdot v_B^2 - \frac{1}{2} m_0 v_x^2$$

$$E_0 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{0{,}5}{2}\right)(40^2) - \frac{1}{2}(0{,}5)(20)^2 \Rightarrow$$

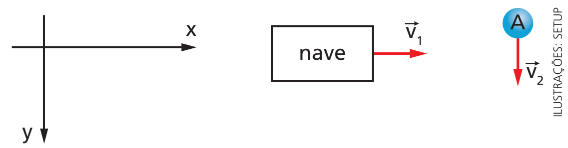
$\Rightarrow \boxed{E_0 = 100\ \text{J}}$

19. 18 m/s

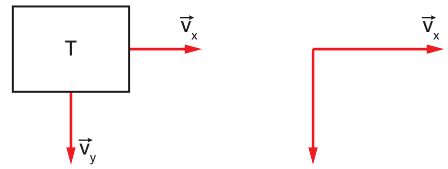
20. A quantidade de movimento do sistema bola-Terra se conserva. Assim, após a colisão, a Terra recua com uma velocidade pequena demais para ser observada.

21. c

22. Antes:



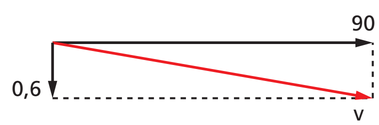
$m_N = 650\ \text{kg} + 70\ \text{kg} = 720\ \text{kg};\ m_A = 80\ \text{kg}$
$v_1 = 100\ \text{m/s};\ v_2 = 6\ \text{m/s}$
$Q_x = m_N \cdot v_1 = 72 \cdot 10^4\ \text{kg} \cdot \text{m/s}$
$Q_y = m_A \cdot v_2 = 4{,}8 \cdot 10^2\ \text{kg} \cdot \text{m/s}$
Depois:



$m_T = m_N + m_A = 800\ \text{kg}$
$Q'_x = m_T \cdot v_x = 800v_x$
$Q'_y = m_T \cdot v_y = 800v_y$

a) $Q_x = Q'_x \Rightarrow 7{,}2 \cdot 10^4 = 800v_x \Rightarrow \boxed{v_x = 90\ \text{m/s}}$

$Q_y = Q'_y \Rightarrow 4{,}8 \cdot 10^2 = 800v_y \Rightarrow \boxed{v_y = 0{,}6\ \text{m/s}}$



$v^2 = (0{,}6)^2 + (9{,}0)^2 \Rightarrow v \cong 90\ \text{m/s}$

b) $$E_i = \frac{1}{2}(720)(100)^2 + \frac{1}{2}(80)(6)^2 \Rightarrow E_i \cong 3{,}60 \cdot 10^6\ \text{J}$$

$$E_f \cong \frac{1}{2}(800)(90)^2 \Rightarrow E_f \cong 3{,}24 \cdot 10^6\ \text{J}$$

$\Delta E = E_f - E_i \cong -3{,}6 \cdot 10^5\ \text{J}$

23. e

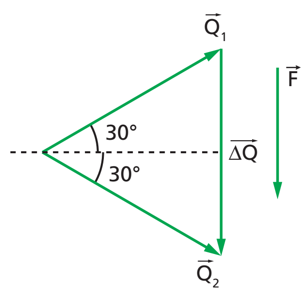
24. a

25.

$\frac{\pi}{6}$ rad $= 30°$

$|\vec{Q}_1| = |\vec{Q}_2| = mv = (10)(20) = 200\ \text{kg} \cdot \text{m/s}$

O triângulo é equilátero.



Portanto: $|\Delta\vec{Q}| = |\vec{Q}_1| = |\vec{Q}_2| = 200\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$

$$F\cdot(\Delta t) = \Delta Q \Rightarrow F = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{200}{10} \Rightarrow F = 20\ \text{N}$$

CAPÍTULO 21 – COLISÕES

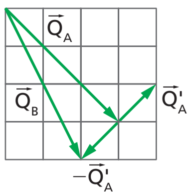
Exercícios complementares

1. a) 0,80 m/s b) 3,2 cm

2. a) 2,0 m/s

b) 1,0 m/s; para a esquerda

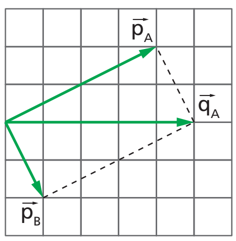
3.



$$\vec{Q}_A = \vec{Q}'_A + \vec{Q}_B \Leftrightarrow \vec{Q}_B = \vec{Q}_A - \vec{Q}'_A$$

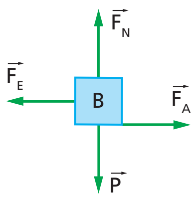
Resposta: *b*.

4. a) e b)



$$\vec{q}_A = \vec{p}_A + \vec{p}_B$$

5. a) Durante a colisão, as forças que atuam em *B* são o peso, a normal, a força de atrito e a força elástica. Para que o corpo *A* volte à altura h_0, não deve transferir energia mecânica a *B*, isto é, este deve ficar em repouso. Para que isso aconteça, devemos ter:



$$F_E \le F_{A,\,\text{máx}} \Rightarrow F_E \le \mu F_N \Rightarrow kx \le \mu Mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x \le \frac{\mu Mg}{k} \qquad (1)$$

Pela conservação da energia mecânica:

$$Mgh_0 = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow x^2 = \frac{2Mgh_0}{k} \qquad (2)$$

De (1) e (2):

$$\frac{2Mgh_0}{k} \le \frac{\mu^2M^2g^2}{k^2} \Rightarrow h_0 \le \frac{\mu^2Mg}{2k}$$

Portanto, o valor máximo de h_0 é $\frac{\mu^2Mg}{2k}$.

b) No instante em que atinge a mola, *A* tem velocidade v_A dada por:

$$MgH = \frac{Mv_A^2}{2} \Rightarrow v_A = \sqrt{2gH}$$

Pela conservação da quantidade de movimento, sendo *v* a velocidade comum, temos:

$$Mv_A = (2M)v \Rightarrow v = \frac{v_A}{2} = \frac{\sqrt{2gH}}{2}$$

Pela conservação da energia mecânica:

$$\frac{Mv_A^2}{2} = \frac{(2M)v^2}{2} + \frac{kX^2}{2} \Rightarrow M\left(\sqrt{2gH}\right)^2 =$$

$$= 2M\left(\frac{\sqrt{2gH}}{2}\right)^2 + kX^2 \Rightarrow \boxed{X = \sqrt{\frac{MgH}{k}}}$$

6. A compressão será máxima no instante em que os dois blocos tiverem a mesma velocidade *v*. Pela conservação da quantidade de movimento:

$$(m_1 + m_2)v = m_1v_0 \Rightarrow v = \frac{m_1v_0}{m_1 + m_2}$$

Pela conservação da energia mecânica:

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{m_1 + m_2}{2}v^2 = \frac{m_1 + v_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{kx^2}{2} + \left(\frac{m_1 + m_2}{2}\right)\left[\frac{m_1^2v_0^2}{(m_1 + m_2)^2}\right] = \frac{m_1v_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow kx^2 + \frac{m_1^2v_0^2}{m_1 + m_2} = m_1v_0^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow kx^2 = m_1v_0^2 - \frac{m_1^2v_0^2}{m_1 + m_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow kx^2 = m_1v_0^2\left(1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2}\right) =$$

$$= m_1v_0^2 \cdot \frac{m_1 + m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \Rightarrow kx^2 = \frac{m_1m_2v_0^2}{m_1 + m_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{x = v_0\sqrt{\frac{m_1m_2}{R(m_1 + m_2)}}}$$

7. a) $h = 80\ \text{cm} = 0{,}80\ \text{m}$

$v' = \sqrt{2gH} = \sqrt{2(10)(0{,}80)} \Rightarrow \boxed{v' = 4{,}0\ \text{m/s}}$

b) $Mv - mv = Mv'_b + mv'_p$

$M(5{,}0) - m(5{,}0) = M(4{,}95) + m(7{,}0) \Rightarrow M = 240\ m$

No site da Confederação Brasileira de Tênis de Mesa, há a informação de que a massa de uma bola de pingue-pongue é de $m = 2{,}7$ g, isto é, $m \cong 3$ g. Portanto:

$M = 240\ m \cong 240(3\ \text{g}) \Rightarrow \boxed{M \cong 720\ \text{g}}$

8. 1,2 m/s; 4,8 m/s

9. a) 2 b) $\frac{-\vec{v}_0}{4}$; $\frac{\vec{v}_0}{4}$; $\frac{\vec{v}_0}{2}$.

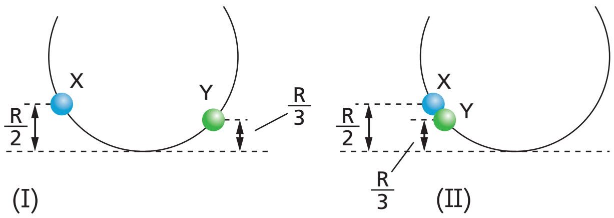
10. Um pouco antes da colisão, as duas partículas terão velocidades de sentidos opostos, mas de mesmo módulo:

$$v_X = v_Y = \sqrt{2gR}$$

Após a colisão, as alturas máximas atingidas por X e Y são, respectivamente, $\frac{R}{2}$ e $\frac{R}{3}$. Portanto, logo após a colisão, X e Y terão velocidades de módulos:

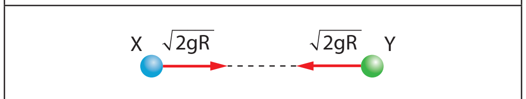
$$\vec{v}'_x = \sqrt{2g\frac{R}{2}} \quad \text{e} \quad \vec{v}'_y = \sqrt{2g\frac{R}{3}}$$

Como a altura máxima atingida por X após a colisão $\left(\frac{R}{2}\right)$ é maior que a atingida por Y $\left(\frac{R}{3}\right)$, concluímos que, logo após a colisão, o sentido de $\vec{v}'_x$ é para a esquerda. Porém, pelo enunciado não temos condições de decidir se o sentido de $\vec{v}'_y$ é para a esquerda ou para a direita. Assim, após a colisão há duas possibilidades:



Analisemos as duas possibilidades.
Possibilidade (I):

pouco antes do choque



pouco após o choque

Sendo e o coeficiente de restituição, temos:

$$e = \frac{\sqrt{\frac{2gR}{2}} + \sqrt{\frac{2gR}{3}}}{\sqrt{2gR} + \sqrt{2gR}} = \frac{\frac{\sqrt{2gR}}{\sqrt{2}} + \frac{\sqrt{2gR}}{\sqrt{3}}}{2\sqrt{2gR}} =$$

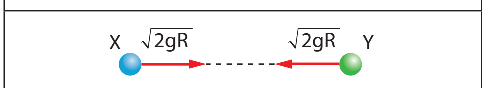
$$= \frac{\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{3}}}{2} = \frac{\frac{\sqrt{3} + \sqrt{2}}{\sqrt{2}\sqrt{3}}}{2} = \frac{\frac{\sqrt{3} + \sqrt{2}}{\sqrt{6}}}{2} =$$

$$= \frac{\sqrt{3} + \sqrt{2}}{2\sqrt{6}} = \frac{(\sqrt{3} + \sqrt{2})(\sqrt{6})}{(2\sqrt{6})(\sqrt{6})} = \frac{\sqrt{18} + \sqrt{12}}{12} =$$

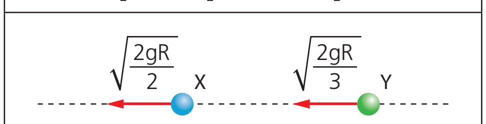
$$= \frac{\sqrt{(9)(2)} + \sqrt{4(3)}}{12} = \frac{3\sqrt{2} + 2\sqrt{3}}{12} \cong 0{,}64$$

Possibilidade (II):

pouco antes do choque



pouco após do choque



$$e = \frac{\sqrt{\frac{2gR}{2}} - \sqrt{\frac{2gR}{3}}}{\sqrt{2gR} + \sqrt{2gR}}$$

Desenvolvendo os cálculos do mesmo modo que foi feito para a possibilidade (I), chegamos a:

$$e = \frac{3\sqrt{2} - 2\sqrt{3}}{12} \cong 0{,}065$$

Assim, o problema tem duas respostas: $e \cong 0{,}64$ ou $e \cong 0{,}065$.

11. c

12. ≅40 km/h; ≅76 km/h

13. I (F); II (F); III (F); IV (V)

14. b

15. b

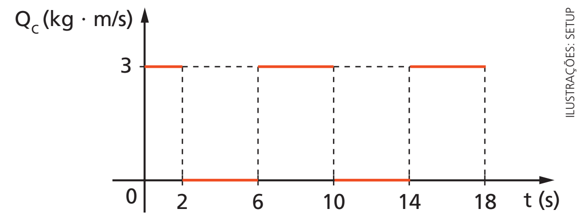
16. b

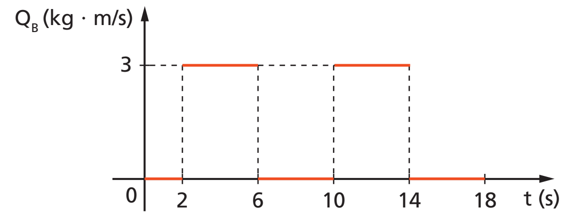
17. e

18. e

19. a) 4,0 s

b)



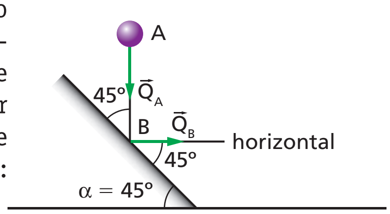


20. a) 10 m; 6,25 m b) 10 m

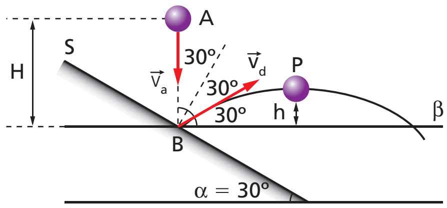
21. 8,0 m

22. a) 0,10 s b) 1,25 m

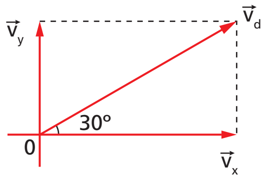
23. Como o plano é liso e o choque é elástico, o ângulo de incidência deve ser igual ao ângulo de reflexão. Portanto: $\alpha = 45°$.



24. $H = 4{,}0$ m; $g = 10$ m/s².
Sendo $\vec{v}_a$ a velocidade da bolinha ao atingir *S*, temos:
$\vec{v}_a = \sqrt{2gH} = \sqrt{2(10)(4)} = 4\sqrt{5} \Rightarrow v_a = 4\sqrt{5}$ m/s



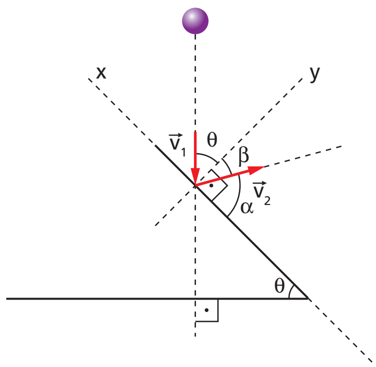
Sendo $\vec{v}_d$ a velocidade da bolinha logo após a colisão, como não há atrito e o choque é elástico, temos:
$v_d = v_a = 4\sqrt{5}$ m/s
A componente vertical de $\vec{v}_d$ tem módulo:



$v_y = v_d \cdot \text{sen } 30° = (4\sqrt{5})\left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow v_y = 2\sqrt{5}$ m/s
Sendo *h* a altura máxima em relação ao plano β, temos:

$$0 = v_y^2 - 2gh \Rightarrow h = \frac{v_y^2}{2g} = \frac{(2\sqrt{5})^2}{2(10)} \Rightarrow \boxed{h = 1{,}0 \text{ m}}$$

25. Supondo que não haja atrito entre a bola e a superfície, a componente *x* da velocidade $\vec{v}_1$ não se altera. Como não foi dado o valor do coeficiente de restituição (*e*), não sabemos se a componente *y* de $\vec{v}_1$ se altera ou não.



As componentes *y* de $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ são:
$\vec{v}_{1_y} = v_1 \cos\theta$ e $\vec{v}_{2_y} = v_2 \cos\beta$
Mas $\beta + \alpha = 90°$. Assim: $\cos\beta = \text{sen }\alpha$ e:
$\vec{v}_{2_y} = v_2 \text{ sen }\alpha$

$$e = \frac{v_{2_y}}{v_{1_y}} = \frac{v_2 \text{ sen }\alpha}{v_1 \cos\theta} \Rightarrow \text{sen }\alpha = \frac{e v_1 \cos\theta}{v_2} \quad (1)$$

As componentes de $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$ na direção *x* são iguais:
$v_{1_x} = v_{2_x} \Rightarrow v_1 \text{ sen }\theta = v_2 \cos\alpha \Rightarrow$

$$\Rightarrow \cos\alpha = \frac{v_1 \text{ sen }\theta}{v_2} \quad (2)$$

Lembrando que $\text{sen}^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$, usando as igualdades (1) e (2), temos:

$$\frac{e^2 v_1^2 \cos^2\theta}{v_2^2} + \frac{v_1^2 \text{ sen}^2\theta}{v_2^2} = 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2^2 = v_1^2(e^2\cos^2\theta + \text{sen}^2\theta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_2 = v_1\sqrt{e^2\cos^2\theta + \text{sen}^2\theta}$$

Dividindo membro a membro as igualdades (1) e (2):

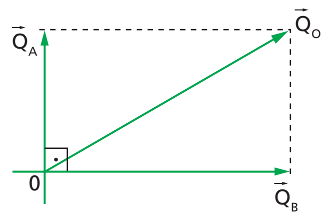
$$\frac{\text{sen }\alpha}{\cos\alpha} = e \cdot \frac{\cos\theta}{\text{sen }\theta} \quad (3)$$

Mas: $\frac{\text{sen }\alpha}{\cos\alpha} = \text{tg }\alpha$ e $\frac{\cos\theta}{\text{sen }\theta} = \frac{1}{\text{tg }\theta} = \text{cotg }\theta$

Assim, a igualdade (3) fica:

$\boxed{\text{tg }\alpha = e \cdot \text{cotg }\theta}$ ou $\boxed{\alpha = \text{arc tg }(e \cdot \text{cotg }\theta)}$

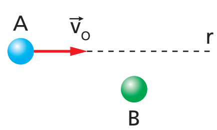
26. $v_0 = 25$ m/s; $v_A = 20$ m/s; $v_B = 7{,}5$ m/s
$m_A = 2{,}0$ kg
$Q_0 = m_A v_0$; $Q_A = m_A v_A$; $Q_B = m_B v_B$
$Q_0 = m_A v_0 = (2{,}0)(25) \Rightarrow Q_0 = 50$ kg · m/s
$Q_A = m_A v_0 = (2{,}0)(20) \Rightarrow Q_A = 40$ kg · m/s
$Q_B = m_B v_B = m_B \cdot (7{,}5)$
$Q_0^2 = Q_A^2 + Q_B^2 \Rightarrow 50^2 = 40^2 + Q_B^2 \Rightarrow Q_B = 30$ kg · m/s
$Q_B = m_B(7{,}5) \Rightarrow 30 = m_B(7{,}5) \Rightarrow \boxed{m_B = 4{,}0 \text{ kg}}$



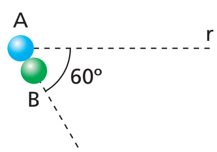
ILUSTRAÇÕES: SETUP

27. a) Se não há atrito entre as bolas, a força que uma exerce na outra deve ser normal no ponto de contato. Mas sabemos que, em uma esfera, a normal que passa pelo ponto de contato passa também pelo centro. Concluímos, então, que a bola *B*, após o choque, deve mover-se ao longo da reta *s*, formando ângulo de 60° com *r*.

(a) Antes do choque.

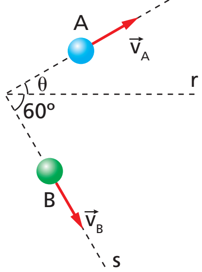


(b) No instante do choque.



Respostas e resoluções

(c) Depois do choque.



b) Como as bolas são idênticas, o choque é elástico e uma das bolas estava inicialmente parada, devemos ter:

$\theta + 60° = 90°$ ou $\boxed{\theta = 30°}$

c) $Q_0 = m(8)$; $Q_A = m(v_A)$; $Q_B = m(v_B)$

No triângulo retângulo sombreado da figura *d* temos:

$$\cos 30° = \frac{Q_A}{Q_0} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{mv_A}{m(8)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{v_A = 4\sqrt{3}\ \text{m/s}}$$

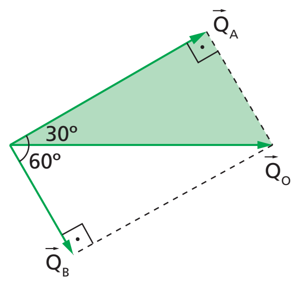


Figura *d*.

d) No triângulo sombreado da figura *d* temos:

$$\text{sen } 30° = \frac{Q_B}{Q_0} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{mv_B}{m(8)} \Rightarrow \boxed{v_B = 4\ \text{m/s}}$$

28. c

29. d

30.

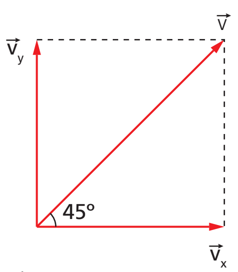


Figura *a*.

$$v_y = v_x = v\frac{\sqrt{2}}{2}$$

A altura máxima *h* atingida pelo objeto de massa *m* é dada por:

$$0 = v_y^2 - 2gh \Rightarrow 0 = \left(v\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 - 2gh \Rightarrow h = \frac{v^2}{4g}$$

Logo após a colisão, o conjunto tem velocidade $\vec{v}_1$ de componentes $\vec{v}_{1_x}$ e $\vec{v}_{1_y}$ (fig. *b*). Impondo a conservação da quantidade de movimento na vertical, temos:

$$MV = (m + M)v_{1_y} \Rightarrow v_{1_y} = \frac{MV}{M + m}$$

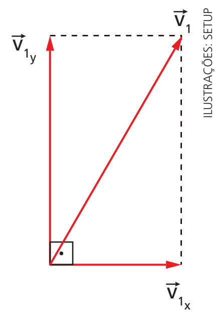


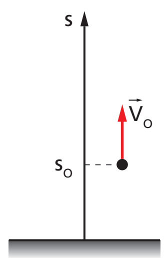
Figura *b*.

Impondo a conservação da quantidade de movimento na horizontal:

$$mv_x = (M + m) \cdot \vec{v}_{1_x} \Rightarrow m \cdot v\frac{\sqrt{2}}{2} = (M + m)\vec{v}_{1_x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \vec{v}_{1_x} = \frac{mv\sqrt{2}}{2(M + m)}$$

Calculemos o tempo *t* decorrido entre o momento do choque e o momento em que o conjunto chega ao solo.



$$\begin{cases} v_0 = v_y = \dfrac{MV}{M + m} \\ s_0 = h = \dfrac{v^2}{4g};\ a = -g \end{cases}$$

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{a}{2}t^2 \Rightarrow 0 = \frac{v^2}{4g} + \frac{MV}{M + m}t - \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left(\frac{g}{2}\right)t^2 - \left(\frac{MV}{M + m}\right)t - \frac{v^2}{4g} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \frac{\dfrac{MV}{M + m} \pm \sqrt{\dfrac{M^2V^2}{(M + m)^2} + 4 \cdot \dfrac{g}{2} \cdot \dfrac{v^2}{4g}}}{2\left(\dfrac{g}{2}\right)}$$

Desprezando o sinal “menos” antes da raiz, temos:

$$t = \frac{\dfrac{MV}{M + m} + \sqrt{\dfrac{M^2V^2}{(M + m)^2} + \dfrac{v^2}{2}}}{g}$$

Assim:

$$d = (v_{1_x})(t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{d = \frac{mv\sqrt{2}}{2g(M + m)}\left(\frac{MV}{M + m} + \sqrt{\frac{M^2V^2}{(M + m)^2} + \frac{v^2}{2}}\right)}$$

CAPÍTULO 23 - ESTÁTICA DOS CORPOS RÍGIDOS

Exercícios

2. a) $4{,}0\ m/s^2$

b) $20\ rad/s^2$

c) $T_A = 24\ N$; $T_B = 20\ N$

3. $\omega = \sqrt{\dfrac{3g}{L}}$

4. 15 N

5. a) $0{,}36\ kg \cdot m^2$

b) $\dfrac{\sqrt{2}}{5}\ m$

c) 648 J

7. a) $a = \dfrac{5}{7} g \operatorname{sen}\theta$

b) $\gamma = \dfrac{5}{7}\dfrac{g \operatorname{sen}\theta}{R}$

c) $v = \sqrt{\dfrac{10gh}{7}}$; $\omega = \dfrac{1}{R}\sqrt{\dfrac{10gh}{7}}$

d) $\mu_e = \dfrac{2}{7} \operatorname{tg}\theta$

8. $\theta = \arccos\dfrac{10}{17} \cong 54°$

9. a) $h = 2{,}7\ (R - r)$;

b) $F_N = \dfrac{17}{7} mg$

10. a) $a = \dfrac{g \operatorname{sen}\theta}{1 + \dfrac{I}{MR^2}}$

b) A esfera.

12. a

13. a) 2,0 rad/s

b) 1 260 J

c) 1 680 J

14. Do trabalho realizado pela pessoa.

15. a) Horário.

b) 0,40 rad/s

c) 140 J

16. a) 4,0 m/s

b) 0,576 J

c) 1,6 J

d) 1,024 J

17. a) 2,8 rad/s

b) 560 J

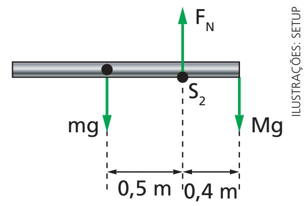
c) 392 J

18. O atrito entre os discos provocou dissipação de energia mecânica.

Exercícios complementares

19. $F_A = 30\ N$ (para baixo)
$F_B = 40\ N$ (para cima)

20. Quando a barra estiver na iminência de rotação, a força de compressão em S_1 é nula.



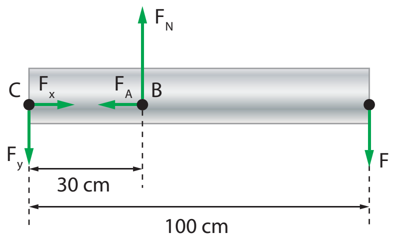
Considerando S_2 como polo, temos:
$mg(0{,}5) = Mg(0{,}4) \Rightarrow 10(0{,}5) = M(0{,}4) \Rightarrow$
$\Rightarrow M = 12{,}5\ kg$

Entre as alternativas apresentadas, a maior massa que é menor ou igual a 12,5 kg é 10 kg.
Resposta: *b*.

21. $F_1 = 60\ N$; $F_2 = 180\ N$

22. c

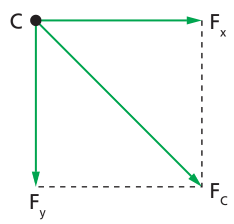
23.



a) Considerando o ponto *C* como polo, temos:
$F_N \cdot (30) = F \cdot (100) \Rightarrow F_N(30) = 750(100) \Rightarrow$
$\Rightarrow F_N = 2\,500\ N$

b) $F_A = \mu F_N = (0{,}40)(2\,500\ N) = 1\,000\ N$

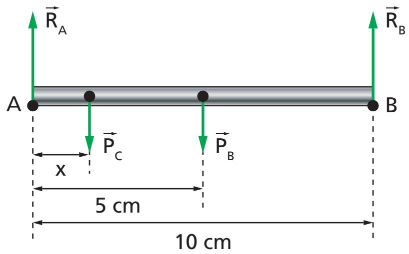
c) $F_x = F_A = 1\,000\ N$

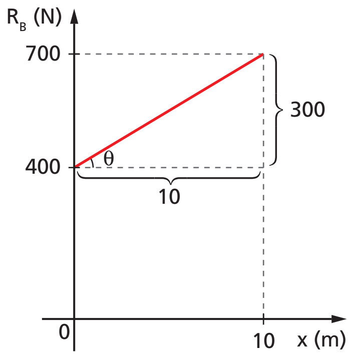


$F_y + F = F_N \Rightarrow F_y + 750 = 2\,500 \Rightarrow$
$\Rightarrow F_y = 1\,750\ N$
$F_C^2 = F_x^2 + F_y^2 = (1\,000)^2 + (1\,750)^2$
$F_C = 2\,016\ N \cong 2{,}0 \cdot 10^3\ N$

24. e

25.





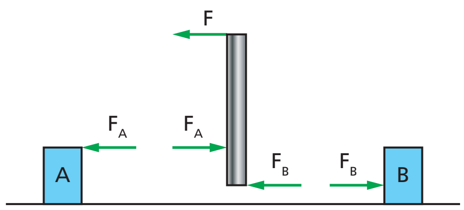
$P_B = 800$ N
$P_C = m_C \cdot g = m_C \cdot 10 = 10\ m_C$
Considerando o ponto *A* como polo, temos:
$R_B(10) = P_C \cdot x + P_B(5)$
$R_B(10) = 10\ m_C \cdot x + 800(5)$
$R_B = m_C \cdot x + 400$
$m_C = \text{tg}\,\theta = \dfrac{300}{10} = 30 \Rightarrow m_C = 30$ kg
Resposta: *a*.

26. a) zero   b) 1 440 N

27. 4,0 m

28. 10 min

29.



Supondo a barra em equilíbrio, temos:
$F_A = F_B + F \Rightarrow F_A > F_B \Rightarrow$ *A* move-se antes.

30. a) Para calcularmos o módulo de $\vec{F}_{AB}$ vamos isolar o cilindro *A*, lembrando que $|\vec{F}_{AB}| = |\vec{F}_{BA}|$, pois são forças do tipo ação e reação, e que as forças trocadas entre *A* e *B* e entre *A* e *C* têm a mesma intensidade (*F*) devido à simetria do sistema. Para o equilíbrio do cilindro *A*, na vertical, vem:

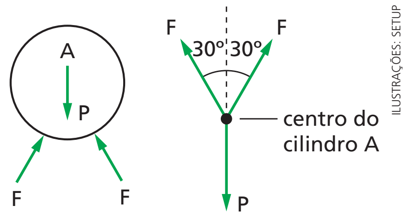
$2F \cos 30° = P$

$2F\dfrac{\sqrt{3}}{2} = Mg$

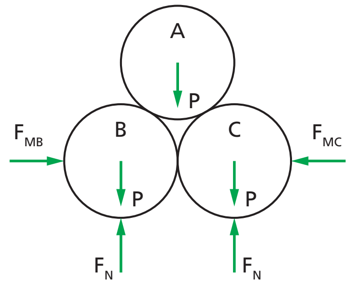
$F = \dfrac{Mg}{\sqrt{3}}$

Racionalizando:

$|\vec{F}| = |\vec{F}_{AB}| = \dfrac{\sqrt{3}\,Mg}{3}$



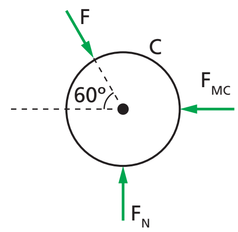
b) O módulo da força que o piso exerce sobre o cilindro *B* tem o mesmo valor da força que o piso exerce sobre o cilindro *C*. Chamando essa força de $\vec{F}_N$ e analisando o sistema, vem:



Do equilíbrio na vertical, temos:
$2F_N = 3P$
$2F_N = 3Mg$
Assim: $|\vec{F}_N| = |\vec{F}_{PB}| = \dfrac{3\,Mg}{2}$

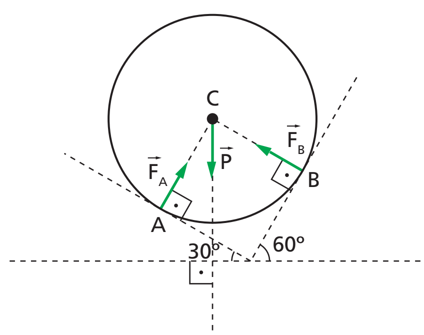
c) Para o cálculo de F_{MC} vamos isolar o cilindro *C* e ainda observar que a força de contato entre *B* e *C* é nula, pois as forças aplicadas pelo cilindro *A* tendem a afastá-los. Do equilíbrio na horizontal, vem:
$F_{MC} = F \cos 60°$
Substituindo pelo valor de *F* encontrado:

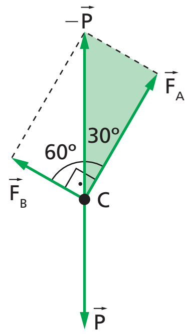
$F_{MC} = \dfrac{\sqrt{3}}{3}Mg \cdot \dfrac{1}{2} \Rightarrow F_{MC} = \dfrac{\sqrt{3}}{6}Mg$



31. zero

32. a)



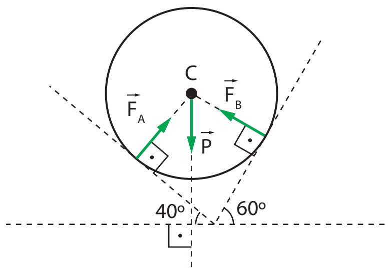


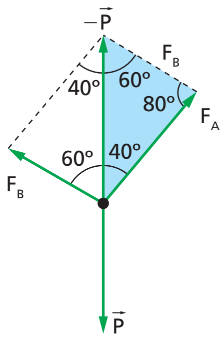
No triângulo retângulo sombreado, temos:

$$F_A = P \cdot \cos 30° = (100\ N)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 50\sqrt{3}\ N$$

$$F_B = P \cdot \text{sen}\ 30° = (100\ N)\left(\frac{1}{2}\right) = 50\ N$$

b)





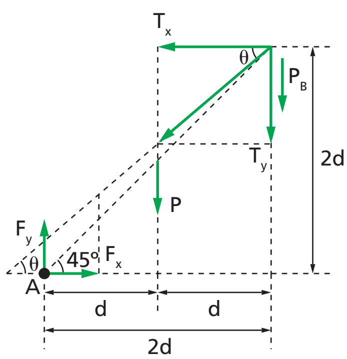
Apliquemos a Lei dos Senos ao triângulo sombreado:

$$\frac{F_A}{\text{sen}\,60°} = \frac{F_B}{\text{sen}\,40°} = \frac{P}{\text{sen}\,80°} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F_A}{0{,}866} \cong \frac{F_B}{0{,}643} \cong \frac{100\ N}{0{,}985} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_A \cong 88\ N \text{ e } F_B \cong 65\ N$$

33. a)



$P = 40\ N;\ P_B = 200\ N$

$\text{sen}\ \theta = 0{,}60;\ \cos\theta = 0{,}80$

$T_x = T\cos\theta = T(0{,}80)$

$T_y = T\ \text{sen}\ \theta = T(0{,}60)$

Tomando torques em relação ao ponto *A*, temos:

$T_x \cdot 2d = P \cdot d + P_B \cdot 2d + T_y \cdot 2d \Rightarrow$

$\Rightarrow T(0{,}80)(2) = 40 + 200(2) + T(0{,}60)(2) \Rightarrow$

$\Rightarrow 1{,}6T - 1{,}2T = 440 \Rightarrow T = 1\,100\ N$

b) $T_y = T(0{,}60) = (1\,100\ N)(0{,}60) = 660\ N$

$F_y = P + T_y + P_B = 40\ N + 660\ N + 200\ N \Rightarrow$

$\Rightarrow F_y = 900\ N$

c) $T_x = T(0{,}80) = (1\,100\ N)(0{,}80) = 880\ N$

$F_x = T_x = 880\ N$

d) $F^2 = F_x^2 + F_y^2 = (880)^2 + (900)^2 \Rightarrow F \cong 1\,260\ N$

34. a) 600 N

b) $V = 1\,000\ N;\ H = 450\ N$

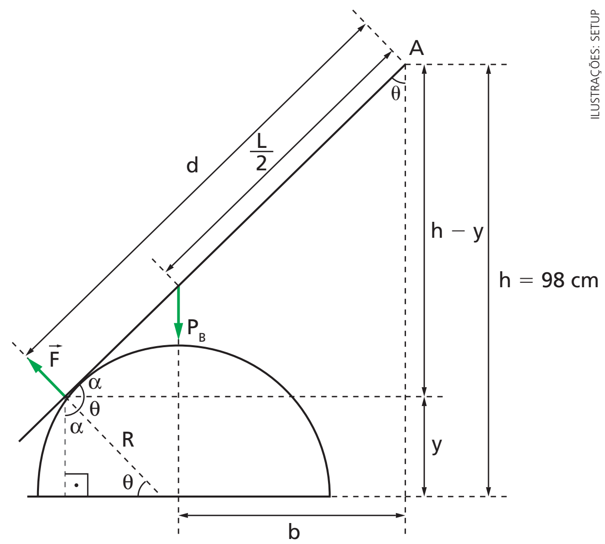
35. a) 5,0 cm

b) 280 N

c) 540 N

36. θ e α são complementares. Portanto:

$$\begin{cases}\text{sen}\ \theta = 0{,}800\\ \cos\theta = 0{,}600\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}\text{sen}\ \alpha = 0{,}600\\ \cos\alpha = 0{,}800\end{cases}$$



ILUSTRAÇÕES: SETUP

$y = R\cos\alpha = (40\ cm)\,(0{,}800) = 32\ cm$

$h - y = 98\ cm - 32\ cm = 66\ cm$

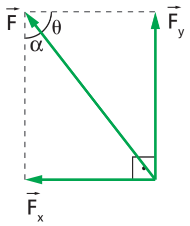
$\cos\theta = \dfrac{h-y}{d} \Rightarrow 0{,}600 = \dfrac{66}{d} \Rightarrow d = 110\ cm$

$L = 120\ cm;\ \dfrac{L}{2} = 60\ cm;\ P_B = 55\ N$

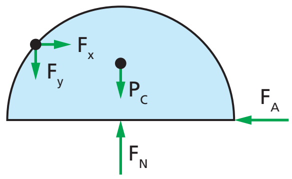
$b = \dfrac{L}{2}\ \text{sen}\ \theta = (60\ cm)(0{,}800) = 48\ cm$

Tomando momentos em relação a *A*:

$F \cdot d = P_B \cdot b \Rightarrow F(110) = (55)(48) \Rightarrow F = 24\ N$



$F_y = F \cdot \text{sen}\ \theta = (24\ \text{N})(0{,}800) = 19{,}2\ \text{N}$
$F_x = F \cdot \cos\ \theta = (24\ \text{N})(0{,}600) = 14{,}4\ \text{N}$

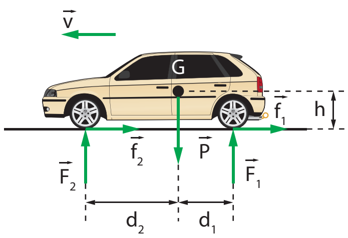


$P_C = 10{,}8\ \text{N}$
$F_N = F_y + P_C = 19{,}2\ \text{N} + 10{,}8\ \text{N} = 30\ \text{N}$
$F_A = F_x = 14{,}4\ \text{N}$
$F_A \leqslant \mu_e \cdot F_N \Rightarrow 14{,}4 \leqslant \mu_e\ (30) \Rightarrow$
$\Rightarrow \boxed{\mu_e \geqslant 0{,}48}$

37. Quando o motorista acelera aumenta a força de atrito, que tem o mesmo sentido do movimento, aumentando o torque no sentido horário.

38. Quando o motorista breca, aumente a força de atrito contrária ao movimento, produzindo um torque no sentido anti-horário.

39. a)



$d_1 = 1{,}5\ \text{m}$
$d_2 = 2{,}0\ \text{m}$
$h = 0{,}50\ \text{m}$
$g = 10\ \text{m/s}^2$

$\vec{f}_1$ e $\vec{f}_2$ são as forças de atrito.
$\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ são as forças normais.
Quando a aceleração for máxima, as forças de atrito terão seu valor máximo:

$f_1 = \mu_e \cdot F_1 \quad \text{e} \quad f_2 = \mu_e \cdot F_2$
$F_1 + F_2 = P$
$f_1 + f_2 = \mu_e \cdot F_1 + \mu_e \cdot F_2 = \mu_e\ (F_1 + F_2) =$
$= \mu_e \cdot P = \mu_e\ m \cdot g$
$f_1 + f_2 = m \cdot a_{máx} \Rightarrow \mu_e\ mg = m \cdot a_{máx} \Rightarrow$
$\Rightarrow a_{máx} = \mu_e \cdot g = (0{,}70) \cdot (10\ \text{m/s}^2) \Rightarrow$
$\Rightarrow \boxed{a_{máx} = 7{,}0\ \text{m/s}^2}$

b) Neste caso não há tração nas rodas traseiras, e as forças de atrito nelas (que se opõem ao movimento) têm intensidades desprezíveis em comparação com as forças de atrito nas rodas com tração. Assim, na figura, temos: $f_2 = 0$

$F_1 + F_2 = P \Rightarrow F_2 = P - F_1 \qquad (1)$

$f_1 = \mu F_1 \qquad (2)$

Tomando torques em relação a *G*:

$f_1 h + F_1 d_1 + f_2 d_2 \qquad (3)$

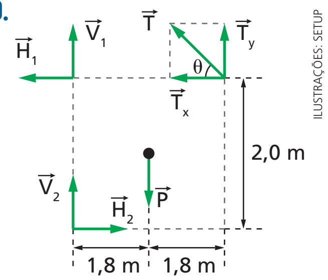
Substituindo (1) e (2) em (3):

$\mu_e\ F_1 h + F_1 d_1 = (P - F_1)\ d_2 \Rightarrow$
$\Rightarrow (0{,}70) \cdot (F_1) \cdot (0{,}50) + F_1 \cdot (1{,}5) =$
$= P \cdot (2{,}0) - F_1\ (2) \Rightarrow F_1 \cong 0{,}52P$
$f_1 = \mu_e F_1 \cong (0{,}70)\ (0{,}52P) \cong 0{,}364P =$
$= (0{,}364)mg$
$f_1 = m \cdot a_{máx} \Rightarrow (0{,}364)mg = m \cdot a_{máx} \Rightarrow$
$\Rightarrow a_{máx} \cong (0{,}364) \cdot (10\ \text{m/s}^2) \Rightarrow \boxed{a_{máx} \cong 3{,}64\ \text{m/s}^2}$

c) Fazendo $f_1 = 0$ e procedendo do mesmo modo que no item anterior obtemos:

$\boxed{a_{máx} \cong 3{,}33\ \text{m/s}^2}$

40.



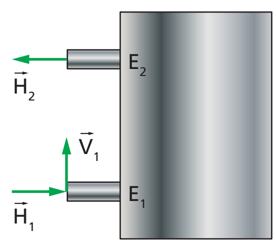
$f = 400\ \text{N};\ T_x = 120\ \text{N};\ T_y = 90\ \text{N}$

a) $H_2 = 198\ \text{N}$

b) $H_1 = 78\ \text{N}$

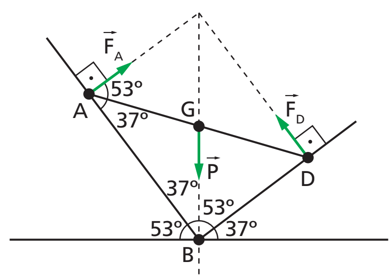
c) Este portão é um sistema indeterminado, pois não temos condições de determinar os valores de V_1 e V_2. Sabemos apenas que $V_1 + V_2 = 310\ \text{N}$.

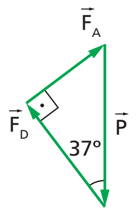
41. Neste caso o portão está apoiado verticalmente apenas no encaixe inferior E_1. Assim, no encaixe superior não há força vertical, há apenas a força horizontal $\vec{H}_2$.



$H_1 = H_2 = 250\ \text{N}$
$V_1 = 600\ \text{N}$

42. a)



b) 

c) $\text{sen } 37° = \dfrac{F_A}{P} \Rightarrow 0{,}60 = \dfrac{F_A}{100} \Rightarrow F_A = 60 \text{ N}$

$\cos 37° = \dfrac{F_D}{P} \Rightarrow 0{,}80 = \dfrac{F_D}{100} \Rightarrow F_D = 80 \text{ N}$

43. $\mu_e \geqslant 0{,}6$

CAPÍTULO 25 – FLUIDOSTÁTICA – LEI DE STEVIN

Exercícios complementares

1. b

2. a) $\cong 2{,}4 \cdot 10^5$ Pa b) 48 N

3. b

4. d

5. a

6. b

7. $\cong$ 37 mmHg

8. a) 2 m

b) 40 m/s²

9. Nesta questão devemos supor que a pergunta é: "qual a sobrepressão do plasma?".

Resposta: *e*.

CAPÍTULO 26 – FLUIDOESTÁTICA – PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

Exercícios complementares

1. $\cong$ 0,1 N

2. a) O líquido que foi para o recipiente *Y* é o liquido deslocado cuja massa é $m_L = 0{,}40$ kg. Mas sabemos que a intensidade do empuxo é igual ao peso do líquido deslocado. Assim:

$E = P_L = m_L \cdot g = (0{,}40 \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2)$

$E = 4{,}0 \text{ N}$

b) Estando o corpo em equilíbrio, o peso $(\vec{P}_C)$ deve ter a mesma intensidade do empuxo $(\vec{E})$, o qual é igual ao peso do líquido deslocado:

$P_C = E = P_L \Rightarrow P_C = P_L \Rightarrow m_C = m_L$

Como $m_L = 0{,}40$ kg, temos:

$m_C = 0{,}40$ kg

c) O volume da parte imersa é 80% do volume do corpo:

$V_L = 80\% \text{ de } V_C = 0{,}80V_C$

Portanto, o volume da parte emersa é 20% do volume do corpo:

$V_1 = 20\% \text{ de } V_C = 0{,}20V_C$

Sendo $d_L = 1{,}0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ e $m_L = 0{,}40$ kg, temos:

$V_L = \dfrac{m_L}{d_L} = \dfrac{0{,}40 \text{ kg}}{1{,}0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3} \Rightarrow$

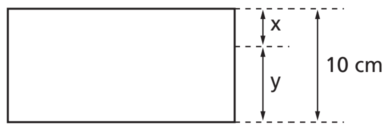
$\Rightarrow V_L = 4{,}0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

Assim:

$V_L = 0{,}80V_C \Rightarrow V_C = \dfrac{V_L}{0{,}80} = \dfrac{4{,}0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}{0{,}80}$

$V_C = 5{,}0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$

d) $d_C = \dfrac{m_C}{V_C} = \dfrac{0{,}40 \text{ kg}}{5{,}0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3} \Rightarrow d_C = 0{,}80 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

3. 

$v = (2{,}0 \text{ m}) \cdot (1{,}0 \text{ m}) \cdot (0{,}10 \text{ m}) = 0{,}20 \text{ m}^3$

$d = 0{,}60 \text{ g/cm}^3 = 6{,}0 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$

$M = dV = (6{,}0 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3) \cdot (0{,}20 \text{ m}^3) = 120 \text{ kg}$

$m = 60 \text{ kg}$

$M' = M + m = 180 \text{ kg}$

$P' = M' \cdot g$

$V_S = (2{,}0 \text{ m}) \cdot (1{,}0 \text{ m})y = (2{,}0)y$

$d_A = 1{,}0 \text{ g/cm}^3 = 1{,}0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

$E = P' \Rightarrow d_A V_S g = M'g \Rightarrow (10^3) \cdot (2{,}0) \cdot (y) = 180 \Rightarrow$

$\Rightarrow y = 0{,}09 \text{ m} = 9 \text{ cm}$

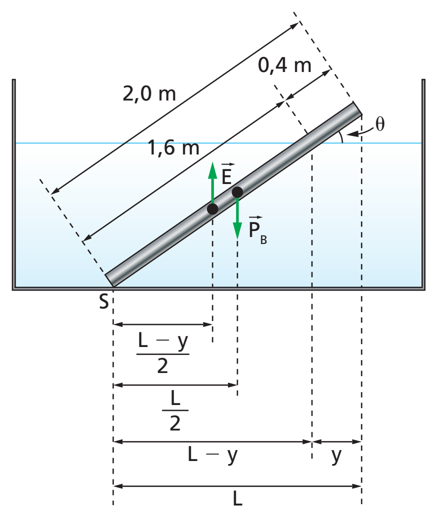
$x = 10 \text{ cm} - 9 \text{ cm} \Rightarrow \boxed{x = 1 \text{ cm}}$

4. c

5. d

6. Observamos que a nata flutua no leite e, portanto, a densidade da nata é menor que a densidade do leite desnatado. Portanto, o leite desnatado é mais denso.

7. $\begin{cases} L = (2{,}0) \cos \theta \\ y = (0{,}4) \cos \theta \\ L - y = (1{,}6) \cdot \cos \theta \end{cases}$



Sendo A a área da seção reta da barra, temos:

$$\begin{cases} V_B = A(2,0) \\ V_L = A(1,6) \end{cases}$$

Tomando o ponto S como polo dos momentos, temos:

$$E\left(\frac{L - y}{2}\right) = P_B \frac{L}{2}$$

$$E(L - y) = P_B L$$

$$E(1,6) \cos \theta = P_B(2,0) \cos \theta$$

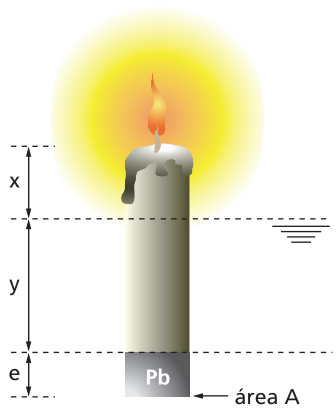
$$4E = 5P_B$$

$$4d_L V_L g = 5d_B V_B g$$

$$4(1) \cdot A(1,6) = 5d_B \cdot A(2,0)$$

$$\boxed{d_B = 0,64 \text{ g/cm}^3}$$

8.



ILUSTRAÇÕES: LUIZ FERNANDO RUBIO

$$P = E$$

$$d_{Pb} \cdot A \cdot e \cdot g + d_v \cdot A(x + y) \cdot g = d_a \cdot A(e + y) \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d_{Pb} \cdot e + d_v(x + y) = d_a(e + y) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (d_{Pb} - d_a)e + d_v \cdot x = (d_a - d_v) \cdot y$$

Da última igualdade, notamos que, quando $x = 0$, $y \neq 0$.

Resposta: *d*.

9. a) 800 g c) 2 cm

b) 800 cm³ d) 21,6 cm

10. O volume da água é:

$$V_0 = (400 \text{ cm}^2)(8,0 \text{ cm}) = 3\,200 \text{ cm}^3$$

I. $d_L V_L = m m_C$

$(1)(V_L) = 400$

$V_L = 400 \text{ cm}^3$

O volume até a superfície livre da água passa a ser:

$$V_1 = V_0 + V_L = (3\,200 + 400) \text{ cm}^3 = 3\,600 \text{ cm}^3$$

Mas: $V_1 = A \cdot x$

$3\,600 = 400 \cdot x$

$$\boxed{x = 9,0 \text{ cm}}$$

II. Ao colocarmos o corpo C dentro de B, a massa do corpo passa a ser 600 g:

$d_L V'_L = m_C$

$(1)\ V'_L = 600$

$V'_L = 600 \text{ cm}^3$

O volume até a superfície livre passa a ser:

$$V_2 = (3\,200 + 600) \text{ cm}^3 = 3\,800 \text{ cm}^3$$

Mas: $V_2 = A \cdot y$

$3\,800 = 400 \cdot y$

$$\boxed{y = 9,5 \text{ cm}}$$

III. $V_L = 400 \text{ cm}^3$

$V_C = 80 \text{ cm}^3$

O volume até a superfície livre da água é:

$$V_3 = V_0 + V_L + V_C$$

$$V_3 = (3\,200 + 400 + 80) \text{ cm}^3$$

$$V_3 = 3\,680 \text{ cm}^3$$

Mas: $V_3 = A \cdot z$

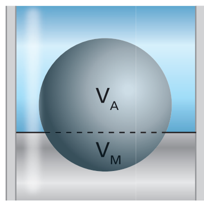
$3\,680 = 400 \cdot z$

$$\boxed{z = 9,2 \text{ cm}}$$

11. a) 320 cm³ c) $x = 9$ cm; $y = 1$ cm

b) 400 cm³ d) Não.

12.



a) $$\begin{cases} V_A + V_M = V_C = 24 \text{ cm}^3 \\ V_A = 24 - V_M \end{cases}$$

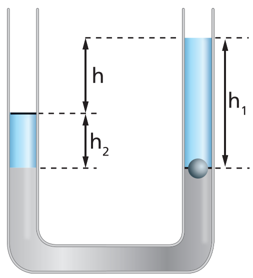
$$d_A V_A + dV_M = d_C V_C$$

$$1(24 - V_M) + 13,6\ V_M = (7,3)(24)$$

$$V_M = 12 \text{ cm}^3$$

Portanto, $V_A = 12 \text{ cm}^3$, isto é, metade do volume fica submerso na água.

b)



Como a densidade da água é 1,0 g/cm³ e há 260 gramas de água, o volume da água é:

$$V_A = 260 \text{ cm}^3$$

Assim:

$$h_1 \cdot A = 260 + 12$$

$$h_1 \cdot (20) = 272$$

$$h_1 = 13,6 \text{ cm}$$

Pela Lei de Stevin:

$$d_M \cdot h_2 = d_A \cdot h_1$$

$$(13,6)(h_2) = (1) \cdot 13,6 \Rightarrow h_2 = 1,0 \text{ cm}$$

Assim: $h = h_1 - h_2 = (13,6 - 1,0)$ cm

$$\boxed{h = 12,6 \text{ cm}}$$