HELOU ◆ GUALTER ◆ NEWTON

TÓPICOS DE FÍSICA

30 anos

1

MECÂNICA

Inclui Hidrodinâmica

RESOLUÇÕES

Ao professor

Nesta quinta versão de *Tópicos de Física*, celebramos 30 anos do primeiro lançamento da coleção. O trabalho sempre foi pautado em proporcionar ao colega professor as condições de lecionar Física usufruindo de um texto completo, correto e consistente, permeado por exercícios variados, em diversos níveis de profundidade. Em nossa jornada, estamos certos de termos colaborado em grande medida para o bom ensino dessa fascinante disciplina no Brasil.

Para comemorarmos a nova edição do trabalho, optamos por oferecer ao colega que nos prestigiou com a adoção de nossa obra um presente que, temos certeza, é de grande valia: este livreto com a resolução de **todos os exercícios do Volume 1**. Nele você encontrará comentados os exercícios *Nível 1*, *Nível 2*, *Nível 3* e *Para raciocinar um pouco mais*.

Também somos professores e como você, colega, sabemos da importância de termos referências para o desenvolvimento do trabalho em sala de aula. Entendemos que sugestões de resolução e encaminhamento de exercícios são sempre bem-vindas, já que podem conter maneiras mais simples e diretas de se chegar ao resultado pretendido. Sendo assim, colocamos nossa experiência à sua disposição, propondo caminhos que, eventualmente, possam facilitar sua lida no dia a dia.

Observe que nesta edição você encontrará questões contextualizadas e, dentro do possível, interdisciplinares, de acordo com os modernos paradigmas educacionais. As atividades foram encadeadas de maneira coerente e lógica, de modo a favorecer ao aluno a construção de um conhecimento bem sequenciado e sólido. A seção *Para racionar um pouco mais* foi reformulada e ampliada para oferecer novos desafios àqueles que pretendem aprimorar seu domínio da matéria e se preparar para olimpíadas e exames vestibulares mais concorridos.

Colega professor, esperamos que aproveite bem esse material, e nos colocamos à disposição para ajudar no que for preciso.

Desde já, agradecemos pelas críticas e sugestões que possam contribuir com este trabalho.

Os autores

Sumário

UNIDADE I – CINEMÁTICA

Tópico 1 – Bases da Cinemática escalar

Página 32

1.

O: $x = 0$ m e $y = 0$ m $\Rightarrow$ (0 m; 0 m)
A: $x = 4$ m e $y = 3$ m $\Rightarrow$ (4 m; 3 m)
B: $x = 8$ m e $y = 0$ m $\Rightarrow$ (8 m; 0 m)
C: $x = 0$ m e $y = 4$ m $\Rightarrow$ (0 m; 4 m)
D: $x = -5$ m e $y = 3$ m $\Rightarrow$ (−5 m; 3 m)
E: $x = -7$ m e $y = 0$ m $\Rightarrow$ (−7 m; 0 m)
F: $x = -4$ m e $y = -4$ m $\Rightarrow$ (−4 m; −4 m)
G: $x = 0$ m e $y = -4$ m $\Rightarrow$ (0 m; −4 m)
H: $x = 6$ m e $y = -3$ m $\Rightarrow$ (6 m; −3 m)

Respostas: **O**: (0 m; 0 m)
A: (4 m; 3 m)
B: (8 m; 0 m)
C: (0 m; 4 m)
D: (−5 m; 3 m)
E: (−7 m; 0 m)
F: (−4 m; −4 m)
G: (0 m; −4 m)
H: (6 m; −3 m)

2.

a) $x = 30$ km e $y = 60$ km $\Rightarrow$ ponto **E**
b) $x = 0$ km e $y = 40$ km $\Rightarrow$ ponto **H**
c) $x = -50$ km e $y = 0$ km $\Rightarrow$ ponto **A**
d) $x = 0$ km e $y = -40$ km $\Rightarrow$ ponto **I**
e) $x = 80$ km e $y = 0$ km $\Rightarrow$ ponto **B**
f) $x = -30$ km e $y = -40$ km $\Rightarrow$ ponto **J**

Respostas: a) E; b) H; c) A; d) I; e) B; f) J

3.

a) $x = 0 \text{ km}: y = 80 - 2 \cdot 0 \Rightarrow y = 80 \text{ km} \Rightarrow \boxed{(0 \text{ km}; 80 \text{ km})}$

b) $y = 0 \text{ km}: 0 = 80 - 2x \Rightarrow x = 40 \text{ km} \Rightarrow \boxed{(40 \text{ km}; 0 \text{ km})}$

c) $x = 25 \text{ km}: y = 80 - 2 \cdot 25 \Rightarrow y = 30 \text{ km} \Rightarrow \boxed{(25 \text{ km}; 30 \text{ km})}$

Respostas: a) (0 km; 80 km); b) (40 km; 0 km); c) (25 km; 30 km)

4.

a) $\Delta x = x_E - x_H = 30 - 0 \Rightarrow \boxed{\Delta x = 30 \text{ km}}$

$\Delta y = y_E - y_H = 60 - 40 \Rightarrow \boxed{\Delta y = 20 \text{ km}}$

b) $\Delta x = x_F - x_E = 60 - 30 \Rightarrow \boxed{\Delta x = 30 \text{ km}}$

$\Delta y = y_F - y_E = 60 - 60 \Rightarrow \boxed{\Delta y = 0 \text{ km}}$

c) $\Delta x = x_B - x_F = 80 - 60 \Rightarrow \boxed{\Delta x = 20 \text{ km}}$

$\Delta y = y_B - y_F = 0 - 60 \Rightarrow \boxed{\Delta y = -60 \text{ km}}$

Respostas: a) (30 km; 20 km); b) (30 km; 0 km); c) (20 km; −60 km)

5.

a) $\Delta t = t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}} = 60 - 10 \Rightarrow \boxed{\Delta t = 50 \text{ min}}$

b) Significa 20 minutos antes do instante em que foi iniciada a contagem do tempo ($t = 0$ min).

c) $\Delta t = t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}} = 30 - (-20) \Rightarrow \boxed{\Delta t = 50 \text{ min}}$

Respostas: a) 50 min
b) Vinte minutos antes do início ($t = 0$) da contagem do tempo
c) 50 min

7.

Lembrando do caráter relativo e simétrico dos conceitos de movimento e repouso, concluímos que a única afirmação incorreta está na alternativa e.

Resposta: e

8.

A Lua completa uma volta ao redor da Terra em aproximadamente um mês. Portanto, se as duas trajetórias estivessem contidas em um mesmo plano, os eclipses solares e lunares aconteceriam uma vez por mês, o que, como sabemos, não é verdade.

O plano da órbita da Lua está inclinado aproximadamente 5° em relação ao plano da órbita da Terra (plano da eclíptica)

Resposta: Se estivessem em um mesmo plano, os eclipses solares e lunares ocorreriam uma vez por mês, o que não é verdade.

10.

Resposta: d

12.

a) $\Delta s = 65 \text{ km} - 30 \text{ km} = \boxed{35 \text{ km}}$

b) $d = d_{\text{ida}} + d_{\text{volta}} = |\Delta s_{\text{ida}}| + |\Delta s_{\text{volta}}|$

$d = |145 \text{ km} - 30 \text{ km}| + |65 \text{ km} - 145 \text{ km}| = \boxed{195 \text{ km}}$

Respostas: a) 35 km; b) 195 km

13.

Resposta: a

14.

Resposta: c

15.

Resposta: c

17.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{340 \text{ km} - 100 \text{ km}}{14 \text{ h} - 10 \text{ h}} \Rightarrow \boxed{v_m = 60 \text{ km/h}}$$

Resposta: 60 km/h

18.

$\Delta s = 59 \text{ km} - 73 \text{ km} = -14 \text{ km}$

$\Delta t = 6 \text{ h } 55 \text{ min} - 6 \text{ h } 45 \text{ min} = 10 \text{ min} = \frac{1}{6} \text{ h}$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{-14 \text{ km}}{\frac{1}{6} \text{ h}} \Rightarrow \boxed{v_m = -84 \text{ km/h}}$$

Resposta: −84 km/h

19.

a) $\Delta t = 2{,}25 \text{ min} = 2{,}25 \cdot 60 \text{ s} = 135 \text{ s}$

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{117{,}45}{135} \Rightarrow \boxed{v_m = 0{,}87 \text{ m/s}}$$

b) $\Delta t = 2 \text{ min } 25 \text{ s} = 120 \text{ s} + 25 \text{ s} = 145 \text{ s}$

$$\Delta s = v_m \cdot \Delta t = 0{,}81 \cdot 145 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 117{,}45 \text{ m}}$$

Respostas: a) 0,87 m/s; b) 117,45 m

20.

Restam 210 km para serem percorridos em 3 h:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{210 \text{ km}}{3 \text{ h}} \Rightarrow \boxed{v_m = 70 \text{ km/h}}$$

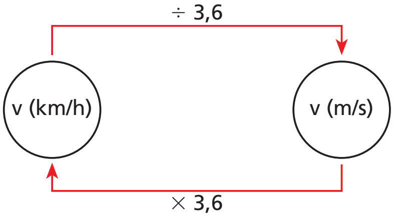
Nota: Quando não temos informação do sentido do movimento em relação à orientação da trajetória, deixamos o resultado em módulo. Fazemos o mesmo quando a trajetória não está orientada.

Resposta: 70 km/h

21.

- $36 \text{ km/h} = \dfrac{36\,000 \text{ m}}{3\,600 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$
- $10 \text{ m/s} \text{ ——— } 36 \text{ m/s}$
  $15 \text{ m/s} \text{ ——— } x$ $\Rightarrow \boxed{x = 54 \text{ km/h}}$

Nota: Existem apreciadores da seguinte regra prática nas conversões envolvendo km/h e m/s:



Resposta: 36 km/h = 10 m/s; 15 m/s = 54 km/h

22.

Para que a comparação possa ser feita, todas devem ser expressas em uma mesma unidade. Façamo-lo, por exemplo, na unidade m/s:

$v_A = 5 \text{ m/s}$

$$v_B = \frac{18 \text{ km}}{\text{h}} = \frac{18\,000 \text{ m}}{3\,600 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

$$v_C = \frac{300 \text{ m}}{\text{min}} = \frac{300 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 5 \text{ m/s}$$

Portanto: $\boxed{v_A = v_B = v_C}$

Resposta: $v_A = v_B = v_C$

23.

a) Duração da corrida do jabuti (Δt_j):

$$v_j = \frac{\Delta s}{\Delta t_j} \Rightarrow \frac{1{,}6 \text{ m}}{\text{min}} = \frac{800 \text{ m}}{\Delta t_j} \Rightarrow \Delta t_j = 500 \text{ min}$$

- Duração da corrida do coelho (Δt_c), se não tivesse parado:

$$v_c = \frac{24 \text{ km}}{\text{h}} = \frac{24\,000 \text{ m}}{60 \text{ min}} = \frac{400 \text{ m}}{\text{min}}$$

$$v_c = \frac{\Delta s}{\Delta t_c} \Rightarrow \frac{400 \text{ m}}{\text{min}} = \frac{800 \text{ m}}{\Delta t_c} \Rightarrow \Delta t_c = 2 \text{ min}$$

- Como o coelho perdeu a corrida:

$\Delta t_s + \Delta t_c > \Delta t_j \Rightarrow \Delta t_s + 2 > 500 \Rightarrow \Delta t_s > 498 \text{ min}$

$\boxed{\Delta t_S > 8\text{h } 18 \text{ min}}$

b) Foi menor que a do jabuti, ou seja, menor que 1,6 m/min.

Resposta: a) $\Delta t_s > 8\text{h } 18 \text{ min}$; b) Foi menor que 1,6 m/min.

24.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{175 \text{ m}}{9{,}0 \text{ s}} = \frac{175}{9{,}0} \cdot 3{,}6 \text{ km/h} \Rightarrow \boxed{v_m = 70 \text{ km/h}}$$

Resposta: c

25.

O segmento AB cabe aproximadamente quatro vezes na rota desenhada. Então: $\Delta s \cong 20\,000$ km e $\Delta t = 10\,000$ anos

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \cong \frac{20\,000}{10\,000} \Rightarrow \boxed{v_m \cong 2 \text{ km/ano}}$$

Resposta: d

27.

Sim.

Vamos considerar, por exemplo, três veículos **A**, **B** e **C**, movendo-se no mesmo sentido em pistas retilíneas e paralelas, estando **B** a 80 km/h.

- Se **A** está em repouso em relação a **B**, então **A** está a 80 km/h.
- Se **B** está em repouso em relação a **C**, então **C** também está a 80 km/h.

Portanto, **A** está em repouso em relação a **C**.

Resposta: Sim

28.

Resposta: c

29.

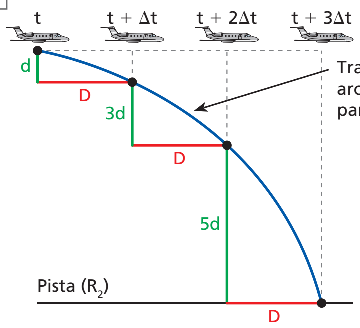
a) Quando escapou, o parafuso estava em repouso em relação à fuselagem do aeromodelo (R_1).

Então: $\boxed{v_1 = 0}$

Como o parafuso se movia junto com o aeromodelo, escapou dele com velocidade **v** em relação a R_2:

$\boxed{v_2 = v}$

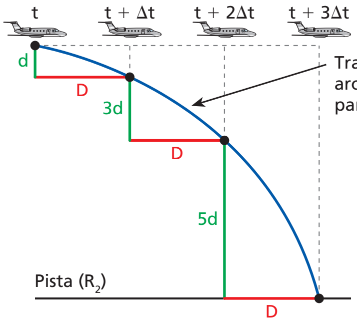
b)



c) Com velocidade **v**, em cada Δt o aeromodelo também avança **D** na horizontal. Por isso, durante a queda, o parafuso e um certo ponto da fuselagem do aeromodelo estão sempre em uma mesma reta vertical. Para R_1, o parafuso apenas desce. Assim, sua trajetória em relação a R_1 é um segmento de reta vertical.

Respostas: a) $v_1 = 0$; $v_2 = v$

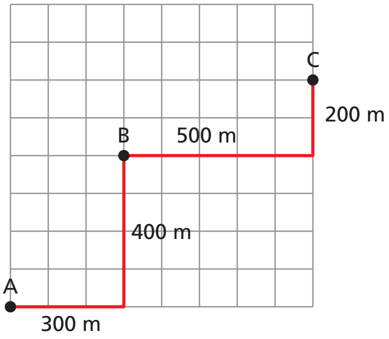
b)



c) É um segmento de reta vertical.

30.

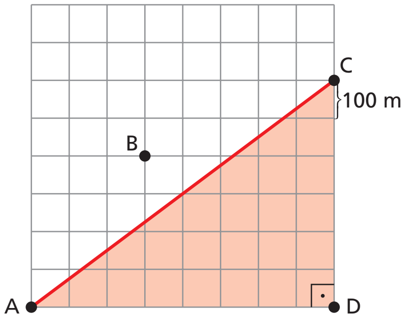
- Distância mínima percorrida ($d_{mín}$):



$d_{mín} = 300\ m + 400\ m + 500\ m + 200\ m$

$\boxed{d_{mín} = 1\,400\ m}$

- Distância em linha reta (d_r):



$AC^2 = AD^2 + DC^2$

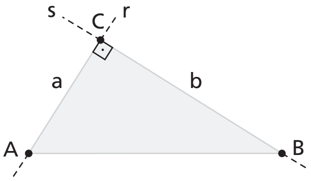
$AC^2 = 800^2 + 600^2$

$\boxed{AC = 1\,000\ m}$

Resposta: c

31.

Todos os caminhos têm comprimentos iguais à soma (a + b) dos catetos do triângulo retângulo a seguir:



De fato, a soma de todos os trechos de cada caminho na direção da reta **r** e na direção da reta **s** é igual a **a** e **b** respectivamente.

Resposta: e

32.

$\Delta s = 1\,920\ km = 1\,920\,000\ m$

$\Delta t = 1\ h + 20\ min = 4\,800\ s$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1\,920\,000}{4\,800} \Rightarrow \boxed{v_m = 400\ m/s}$$

Como o valor encontrado (400 m/s) é maior que o fornecido no enunciado para a velocidade do som no ar (340 m/s), concluímos que o avião é supersônico.

Resposta: 400 m/s; é supersônico.

33.

Tratando-se de uma estrada em boas condições, podemos estimar a velocidade do carro em cerca de 100 km/h:

$\Delta s = v_m \cdot \Delta t = 100 \cdot 1,5$

$\Delta s = 150\ km = 1,5 \cdot 10^5\ m$

A potência de dez que melhor se aproxima do resultado é 10^5 m.

Resposta: c

34.

01. Nos primeiros 600 km: $\frac{600\ km}{50\ L} = 12\ km/L$

02. Entre 600 km e 1 090 km: $\frac{490\ km}{70\ L} = 7\ km/L$

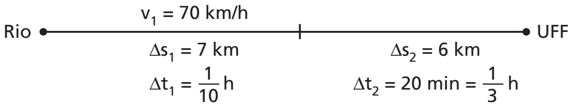
04. $\frac{1\,090\ km}{120\ L} \cong 9,08\ km/L$

08. $\frac{12 + 7}{2} = 9,5\ km/L \neq 9,08\ km/L$

Resposta: 01 + 02 + 04 = 07

35.

- Na vinda:



$$v_m = \frac{7\ km + 6\ km}{\frac{1}{10}\ h + \frac{1}{3}\ h} = \frac{13\ km}{\frac{13}{30}\ h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{v_m = 30\ km/h}\ \text{(em módulo)}$$

- Na volta:

$$v_m = \frac{13\ km}{\frac{1}{6}\ h} \Rightarrow \boxed{v_m = 78\ km/h}\ \text{(em módulo)}$$

Resposta: a

36.

Seja d = 60 m a distância entre postes consecutivos. Do 1º ao 20º poste, temos uma distância percorrida D = 19 d:

$D = 19 \cdot 60\,m$ em $\Delta t = 45,6\ s$

Então:

$$v_m = \frac{D}{\Delta t} = \frac{19 \cdot 60\ m}{45,6\ s} \Rightarrow \boxed{v_m = 25\ m/s = 90\ km/h}$$

Resposta: 90 km/h

37.

$\Delta t = 4,30\ s$

$\Delta t = \Delta t_{bola} + \Delta t_{som}$

$$v_{som} = \frac{L}{\Delta t_{som}} \Rightarrow 340 = \frac{17,0}{\Delta t_{som}} \Rightarrow \Delta t_{som} = 0,05\ s$$

$4,30 = \Delta t_{bola} + 0,05 \Rightarrow \Delta t_{bola} = 4,25\ s$

$$v_{m_{bola}} = \frac{L}{\Delta t_{bola}} = \frac{17,0}{4,25} \Rightarrow \boxed{v_{m_{bola}} = 4,0\ m/s}$$

Resposta: 4,0 m/s

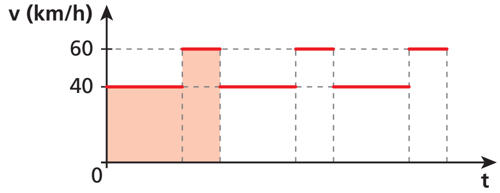
39.

Usando o resultado do exercício 38 temos, para duas zonas consecutivas:

$v_1 = 40\ km/h\ v_2 = 60\ km/h$

$$v_m = \frac{2\ v_1 v_2}{v_1 + v_2} = \frac{2 \cdot 40 \cdot 60}{40 + 60} \Rightarrow \boxed{v_m = 48\ km/h}$$

Esse resultado vale também para o percurso total porque ele contém um número par de zonas:



No trecho destacado, o valor médio da função é 48 km/h. Como esse trecho se repete um número inteiro de vezes, o valor médio da função também é 48 km/h no percurso total.

Resposta: 48 km/h

40.

$\Delta s = 39 \cdot 1{,}2\ \text{m} = 39 \cdot 120\ \text{cm}$

$\Delta t = 13 \cdot 60\ \text{s}$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{39 \cdot 120\ \text{cm}}{13 \cdot 60\ \text{s}} = 3 \cdot 2\ \text{cm/s} \Rightarrow \boxed{v_m = 6\ \text{cm/s}}$$

Resposta: 6 cm/s

Página 40

41.

Para que a aceleração escalar seja diferente de zero, é preciso que a velocidade escalar varie. Assim, mesmo que a velocidade escalar tenha um valor muito grande — que, no caso da luz no vácuo, é o limite de velocidade —, a aceleração escalar será nula se ela não variar.

Resposta: Zero.

42.

Resposta: e

43.

$$\alpha_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

a) $\alpha_m = \frac{60 - 40}{5 - 1} \Rightarrow \boxed{\alpha_m = 5\ \text{m/s}^2}$

b) $\alpha_m = \frac{40 - 40}{7 - 1} \Rightarrow \boxed{\alpha_m = 0}$

c) $\alpha_m = \frac{40 - 60}{7 - 5} \Rightarrow \boxed{\alpha_m = -10\ \text{m/s}^2}$

Respostas: a) 5 m/s^2; b) Zero; c) -10 m/s^2

44.

Respostas:

a) Uniforme.

b) Acelerado.

c) Retardado.

d) Retardado na subida e acelarado na descida.

e) Uniforme.

45.

Por ser uma grandeza dotada de sinal, a velocidade escalar pode ser decrescente e seu módulo, crescente. Do mesmo modo, ela pode ser crescente e seu módulo, decrescente.

Resposta: 10

46.

a) $\alpha_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{108\ \text{km/h}}{10\ \text{s}} \Rightarrow \boxed{\alpha_m = 10{,}8\ \frac{\text{km/h}}{\text{s}}}$

b) $\Delta v = 108\ \text{km/h} = 30\ \text{m/s}$

$$\alpha_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{30\ \text{m/s}}{10\ \text{s}} \Rightarrow \boxed{\alpha_m = 3\ \text{m/s}^2}$$

Respostas: a) 10,8 $\frac{\text{km/h}}{\text{s}}$; b) 3 m/s^2

47.

- $\alpha_1 = \frac{\Delta v_1}{\Delta t_1} = \frac{v}{\Delta t_1}$ e $\alpha_2 = \frac{\Delta v_2}{\Delta t_2} = \frac{v}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 =$
$= \frac{v}{\alpha_1} + \frac{v}{\alpha_2}$

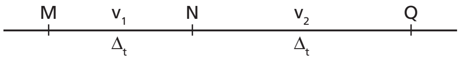
- $\alpha_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \frac{2v}{\frac{v}{\alpha_1} + \frac{v}{\alpha_2}} \Rightarrow \alpha_m = \frac{2\alpha_1\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}$

$$\alpha_m = \frac{2 \cdot 3{,}0 \cdot 2{,}0}{3{,}0 + 2{,}0} \Rightarrow \boxed{\alpha_m = 2{,}4\ \text{m/s}^2}$$

Resposta: 2,4 m/s^2

48.

a)



Temos:

$\Delta s_{MN} = v_1\,\Delta t$ e $\Delta s_{NQ} = v_2\,\Delta t$

Assim: $\Delta s_{MQ} = (v_1 + v_2)\,\Delta t$ e $\Delta t_{MQ} = 2\,\Delta t$

Então:

$$v_{m_{MQ}} = \frac{\Delta s_{MQ}}{\Delta t_{MQ}} = \frac{(v_1 + v_2)\Delta t}{2\Delta t} \Rightarrow \boxed{v_{m_{MQ}} = \frac{v_1 + v_2}{2}}$$

b) Sendo 2T o tempo total de percurso, temos:

$MN = v_1\,T$ (I)

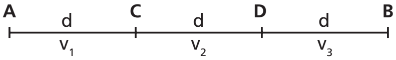
$v_{m_{MQ}} = \frac{MQ}{2T} = \frac{v_1 + v_2}{2} \Rightarrow T = \frac{MQ}{v_1 + v_2}$ (II)

Substituindo (II) em (I):

$$\boxed{MN = \frac{v_1}{v_1 + v_2} \cdot MQ}$$

Respostas: a) $\frac{v_1 + v_2}{2}$; b) $\frac{v_1}{v_1 + v_2} \cdot MQ$

49.



$\Delta t_{AC} = \frac{d}{v_1}$; $\Delta t_{CD} = \frac{d}{v_2}$; $\Delta t_{DB} = \frac{d}{v_3}$

De **A** a **B**, temos:

$\Delta s_{AB} = 3d$

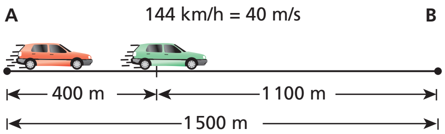
$$\Delta t_{AB} = \frac{d}{v_1} + \frac{d}{v_2} + \frac{d}{v_3} = \frac{d(v_1v_2 + v_1v_3 + v_2v_3)}{v_1v_2v_3}$$

$$v_{m_{AB}} = \frac{\Delta s_{AB}}{\Delta t_{AB}} = \frac{3\,d}{\frac{d(v_1v_2 + v_1v_3 + v_2v_3)}{v_1v_2v_3}}$$

$$\boxed{v_{m_{AB}} = \frac{3\,v_1v_2v_3}{(v_1v_2 + v_1v_3 + v_2v_3)}}$$

Resposta: $\frac{3v_1\,v_2\,v_3}{(v_1v_2 + v_1v_3 + v_2v_3)}$

50.



90 km/h = 25 m/s

Para não ser multado: $v_m \leqslant 25$ m/s

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \frac{1\,500}{\Delta t} \leqslant 25 \Rightarrow \Delta t \geqslant 60 \text{ s}$$

Gastando 10 s em um percurso de 400 m, restam 1 100 m para serem percorridos em 50 s ou mais.

$$v_{m_{máx}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1\,100 \text{ m}}{50 \text{ s}} = 22 \text{ m/s} = 79{,}2 \text{ km/h}$$

$$\boxed{v_m \leqslant 79{,}2 \text{ km/h}}$$

Resposta: $v_m \leqslant 79{,}2$ km/h

51.

a) Vamos calcular, inicialmente, o número **n** de pessoas por metro de fila:

$$n = \frac{200 \text{ pessoas}}{100 \text{ metros}} \Rightarrow n = 2\,\frac{\text{pessoas}}{\text{metro}}$$

Sendo ΔL o comprimento de fila que adentra a agência do INSS, tem-se que:

$$v = \frac{\Delta L}{\Delta t} \Rightarrow \Delta L = v\,\Delta t = 1 \cdot 30 \Rightarrow \Delta L = 30 \text{ m}$$

O número **N** de pessoas correspondente a ΔL é dado por:

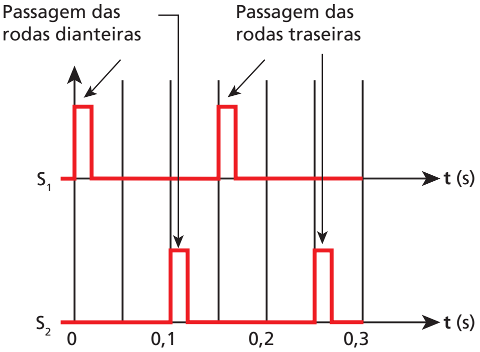
$$N = n\,\Delta L \Rightarrow N = 2 \cdot 30 \Rightarrow \boxed{N = 60 \text{ pessoas}}$$

b) O comprimento $\Delta L'$ da fila que restou do lado de fora é dado pela diferença:

$$\Delta L' = 100 - \Delta L \Rightarrow \Delta L' = 100 - 30 \Rightarrow \boxed{\Delta L' = 70 \text{ m}}$$

Respostas: a) 60 pessoas; b) 70 m

52.



a) Num intervalo de tempo $\Delta t = 0{,}1$ s, as rodas dianteiras (ou traseiras) percorrem a distância d = 2 m:

$$v_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2}{0{,}1} \Rightarrow v_m = 20 \text{ m/s}$$

$$\boxed{v_m = 72 \text{ km/h}}$$

b) O intervalo de tempo decorrido entre as passagens das rodas dianteiras e traseiras, por S_1, por exemplo, é $\Delta t' = 0{,}15$ s. Então, a distância d' entre os eixos é dada por:

$$d' = v_m\,\Delta t' = 20 \cdot 0{,}15$$

$$\boxed{d' = 3 \text{ m}}$$

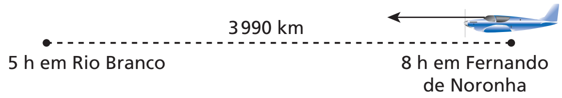
Respostas: a) 72 km/h; b) 3 m

53.

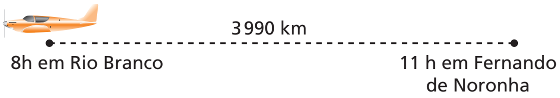
Resposta: Não. Um vaso de seção transversal de área maior coletaria, proporcionalmente, maior quantidade de água. Assim, o nível da água atingiria a mesma altura.

54.

Decolagem de Fernando de Noronha



Chegada a Rio Branco



$\Delta s = 3\,990$ km

$\Delta t = 3$ h

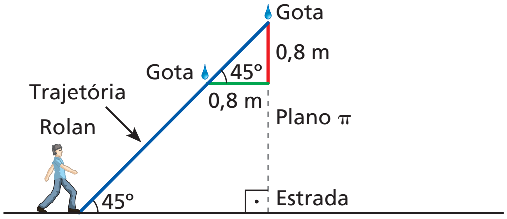
$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{3\,990}{3} \Rightarrow \boxed{v_m = 1\,330 \text{ km/h}}$$

Resposta: 1 330 km/h

55.

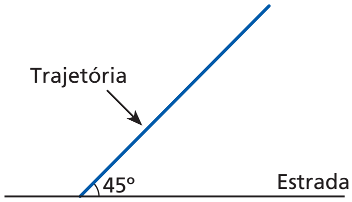
a) Como não ventava, cada gota caía até Rolan descrevendo um segmento de reta vertical.

b) A cada 0,1 s (por exemplo), a gota desce 80 cm, tanto em relação à estrada como em relação a Rolan. Imagine um plano π passando pela gota, perpendicular à estrada e frontal a Rolan. Para esse plano, a cada 0,1 s, Rolan se desloca 80 cm, horizontalmente para a direita. Para Rolan, entretanto, é o plano π que, junto com a gota, se desloca 80 cm, horizontalmente para a esquerda:



Resposta: a) Retilínea e vertical

b)



56.

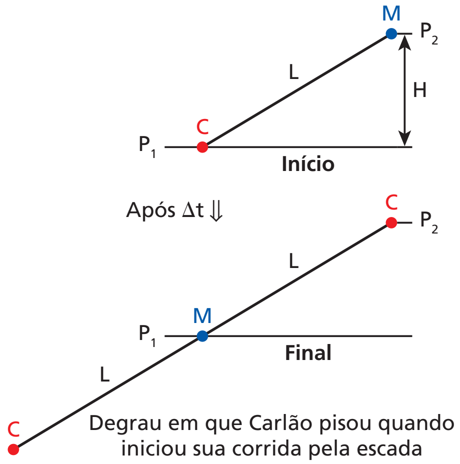
a) Seja **L** o comprimento da escada.

Em um mesmo Δt, temos, em relação aos pisos do *shopping*:

$$v_C = \frac{L}{\Delta t} \text{ e } v_M = \frac{L}{\Delta t}$$

Portanto: $\boxed{v_C = v_M}$

b) Vamos imaginar que os degraus que chegam a P_1, em vez de "sumirem", seguissem na direção da escada. Teríamos, assim, uma situação que, para cálculo, é equivalente à real:



- Em relação à escada, Carlão se deslocou 2L durante Δt: $v_c' = \frac{2L}{\Delta t}$
- Em relação aos pisos: $v_M = \frac{L}{\Delta t}$

Portanto: $\boxed{v_c' = 2\,v_M}$

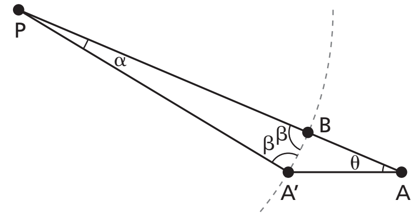
c) Da figura anterior, concluímos que o último degrau em que Carlão pisou está a uma altura 2H (14,4 m) em relação ao primeiro degrau pisado por ele. Assim, o número de degraus, **n**, que Carlão realmente subiu é dado por:

$$n = \frac{14,4\text{ m}}{0,2\text{ m}} \Rightarrow \boxed{n = 72}$$

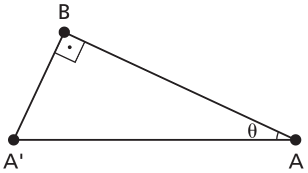
Respostas: a) $v_C = v_M$; b) $v_c' = 2\,v_M$; c) 72 degraus.

57.

Em um Δt **elementar**, o ponto **A** vai até **A'**, realizando deslocamento AA', também elementar, e o comprimento recolhido de corda é AB:



A ângulo α é muito pequeno (α ≅ 0) pois Δt ≅ 0.
Assim, como o triângulo PBA' é isósceles (pois PB = PA'), os ângulos **β** são praticamente iguais a 90° e o triângulo ABA' é praticamente um triângulo retângulo:



$$\cos\theta = \frac{AB}{AA'} = \frac{v\Delta t}{v_{barco}\,\Delta t} \Rightarrow \boxed{v_{barco} = \frac{v}{\cos\theta}}$$

Resposta: $\frac{v}{\cos\theta}$

Página 44

59.

a) $s = 4t^2 - 2t$

$s' = 4t'^2 - 2t'$

$$v_m = \frac{s' - s}{t' - t} = \frac{4(t'^2 - t^2) - 2(t' - t)}{t' - t} =$$

$$= \frac{4(t' + t)(t' - t) - 2(t' - t)}{(t' - t)}$$

$v_m = 4\,(t' + t) - 2$

Fazendo **t'** tender a **t**, obtemos:

$v = 4\,(t + t) - 2 \Rightarrow \boxed{v = 8t - 2}$ (SI)

b) $v_5 = 8 \cdot 5 - 2 \Rightarrow \boxed{v_5 = 38\text{ m/s}}$

Respostas: a) v = 8t − 2 (SI); b) 38 m/s

61.

a) No instante **t**: $v = 5t^2 + 4$

No instante t': $v' = 5t'^2 + 4$

$$\alpha_m = \frac{v' - v}{t' - t} = \frac{5t'^2 + 4 - 5t^2 - 4}{t' - t} = \frac{5(t' + t)(t' - t)}{t' - t}$$

$\alpha_m = 5\,(t' + t)$

$\alpha = \lim_{t' \to t} \alpha_m = 5\,(t + t) \Rightarrow \boxed{\alpha = 10\,t}$ (SI)

b) Em t = 4 s, temos: $\alpha = 10 \cdot 4$

$\boxed{\alpha = 40\text{ m/s}^2}$

Respostas: a) 10 t; b) 40 m/s²

Tópico 2 – Movimento uniforme

Página 47

2.

$s = s_0 + vt$

a) $s = 20 + 4t \Rightarrow \boxed{s_0 = 20\text{ m}}$ e $\boxed{v = 4\text{ m/s}}$

b) $s = 15 + (-3t) \Rightarrow \boxed{s_0 = 15\text{ cm}}$ e $\boxed{v = -3\text{ cm/s}}$

c) $s = 0 + 12t \Rightarrow \boxed{s_0 = 0}$ e $\boxed{v = 12\text{ km/h}}$

Respostas: a) $s_0 = 20$ m; v = 4 m/s
b) $s_0 = 15$ cm; v = −3 cm/s
c) $s_0 = 0$; v = 12 km/h

3.

a)
$$\left.\begin{aligned} &s_0 = 4\text{ m} \\ &\boxed{v = 8\text{ m/s}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow s = 4 + 8t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left\{\begin{aligned} &t = 7\text{s}: x = 4 + 8 \cdot 7 \Rightarrow \boxed{x = 60\text{ m}} \\ &s = 84\text{ m} \Rightarrow 84 = 4 + 8y \Rightarrow \boxed{y = 10\text{ s}} \end{aligned}\right.$$

b) $\boxed{v = 15\text{ m/s}}$; $\boxed{x = 15\text{ m/s}}$; $\boxed{y = 15\text{ m/s}}$

c)
$$\left.\begin{aligned} &s_0 = 20\text{ m} \\ &v = \frac{16 - 20}{2 - 0} \Rightarrow \boxed{v = -2\text{ m/s}} \end{aligned}\right\} s = 20 - 2t$$

$$\Rightarrow \left\{\begin{aligned} &t = 4\text{s}: x = 20 - 2 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{x = 12\text{ m}} \\ &s = 0{:}\ 0 = 20 - 2y \Rightarrow \boxed{y = 10\text{ s}} \end{aligned}\right.$$

Respostas: a) 8 m/s; x = 60 m; y = 10 s
b) 15 m/s; x = 15 m/s; y = 15 m/s
c) − 2 m/s; x = 12 m; y = 10 s

4.

- 144 km/h = 40 m/s
- $\Delta s = vt = 40 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 40 \text{ m}}$

Resposta: 40 m

6.

Na ida do sinal até o cardume, o tempo decorrido é de 0,15 s. Assim:

$\Delta s = vt = 1\,480 \cdot 0{,}15 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 222 \text{ m}}$

Resposta: 222 m

7.

O intervalo de tempo pedido é o tempo para o som percorrer a diferença entre d_1 e d_2 ($\Delta d = 0{,}034$ m):

$$\Delta d = vt \Rightarrow t = \frac{\Delta d}{v} = \frac{0{,}034}{340} \Rightarrow t = 100 \cdot 10^{-6} \text{ s} \Rightarrow$$

$\Rightarrow \boxed{t = 100\ \mu\text{s}}$

Resposta: 100 μs

8.

a)
- 1 ano = 365 dias = $365 \cdot 24$ h = $365 \cdot 24 \cdot 3\,600$ s
- $\Delta s = vt \Rightarrow$ 1 ano-luz = 300 000 km/s $\cdot$ ($365 \cdot 24 \cdot 3\,600$ s)

$\boxed{1 \text{ ano-luz} = 9{,}46 \cdot 10^{12} \text{ km}}$

b) Há 170 mil anos.

Respostas: a) $9{,}46 \cdot 10^{12}$ km; b) Há 170 mil anos.

9.

$s_0 = 18$ m

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{12 - 18}{3 - 0} \Rightarrow v = -2 \text{ m/s}$$

$s = s_0 + vt \Rightarrow \boxed{s = 18 - 2t}$ (SI)

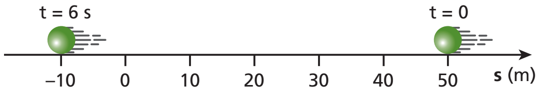
Resposta: $s = 18 - 2t$ (SI)

10.

a) $s = 0$: $0 = 50 - 10t \Rightarrow \boxed{t = 5 \text{ s}}$

b) $t = 0$: $s_0 = 50$ m

$t = 6$ s: $s = 50 - 10 \cdot 6 \Rightarrow s = -10$ m



Respostas: a) 5 s; b) Veja a figura na resolução.

11.

Para o movimento do nível da água, temos:

$s_0 = 0$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{30 \text{ cm}}{60 \text{ min}} = 0{,}5 \text{ cm/min}$$

$s = 0{,}5\,t$ (**s** em cm e **t** em min)

a) $t = 45$ min $\Rightarrow s = 0{,}5 \cdot 45 \Rightarrow \boxed{s = 22{,}5 \text{ cm}}$

b) $s = 10$ cm $\Rightarrow 10 = 0{,}5\,t \Rightarrow \boxed{t = 20 \text{ min}}$

Respostas: a) 22,5 cm; b) 20 min

13.

a) $s = s_0 + vt \begin{cases} \boxed{s_A = 20 + 11t} \quad \text{(SI)} \\ \boxed{s_B = 90 + 4t} \quad \text{(SI)} \end{cases}$

b) $s_A = s_B \Rightarrow 20 + 11t_e = 90 + 4t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 10 \text{ s}}$

O valor de $\mathbf{t_e}$ também poderia ser encontrado considerando como referencial um dos móveis (**B**, por exemplo). Teríamos, então:

$|v_A'| = |v_A| - |v_B| \Rightarrow |v_A'| = 7$ m/s

$$|v_A'| = \frac{d}{t_e} \Rightarrow 7 = \frac{90 - 20}{t_e} \Rightarrow \boxed{t_e = 10 \text{ s}}$$

c) $s_A = 20 + 11 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{s_A = s_B = 130 \text{ m}}$

Respostas: a) $s_A = 20 + 11t$ (SI); $s_B = 90 + 4t$ (SI)

b) 10 s

c) $s_A = s_B = 130$ m

14.

a) $s = s_0 + vt \begin{cases} s_I = 50 + 60t \\ s_{II} = 200 - 90t \end{cases}$

$s_I = s_{II} \Rightarrow 50 + 60t_e = 200 - 90t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 1 \text{ h}}$

O valor de $\mathbf{t_e}$ também poderia ser encontrado considerando como referencial um dos automóveis (o **I**, por exemplo). Teríamos, então:

$|v_{II}'| = |v_I| + |v_{II}| \Rightarrow$

$\Rightarrow |v_{II}'| = 150$ km/h

$$|v_{II}'| = \frac{d}{t_e} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 150 = \frac{200 - 50}{t_e} \Rightarrow$$

$\Rightarrow t_e = 1$ h

b) $s_I = 50 + 60 \cdot 1 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{s_I = s_{II} = 110 \text{ km}}$

Respostas: a) 1 h; b) km 110

15.

Em relação a um referencial no automóvel, $v'_M = 40$ km/h.
Assim, o intervalo de tempo Δt para ocorrer o encontro vem de:

$$v_M' = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v'_M} = \frac{50}{40} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{5}{4} \text{ h} = 1 \text{ h } 15 \text{ min}$$

Portanto:

$t_e = 8 \text{ h} + 1 \text{ h } 15 \text{ min} \Rightarrow \boxed{t_e = 9 \text{ h } 15 \text{ min}}$

Resposta: 9 h 15 min

16.

- 72 km/h = 20 m/s e 54 km/h = 15 m/s
- Em relação a um referencial no coelho, $v_r' = 5$ m/s:

$$\Delta s = v_r' \, t \Rightarrow 100 = 5\,t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 20\text{ s}}$$

Resposta: 20 s

18.

a) $\Delta s = vt \Rightarrow 200 = 20t \Rightarrow \boxed{t = 10\text{ s}}$

b) $\Delta s = vt \Rightarrow 200 + 100 = 20t \Rightarrow \boxed{t = 15\text{ s}}$

Respostas: a) 10 s; b) 15 s

19.

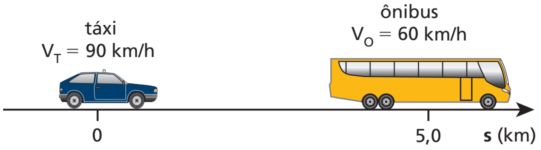
$$\Delta s = vt \Rightarrow 400 + x = 40 \cdot 15 \Rightarrow \boxed{x = 200\text{ m}}$$

Resposta: 200 m

20.

Nos 5,0 min $\left(\frac{1}{12}\text{ h}\right)$, o ônibus já havia percorrido

$$60\,\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{12}\text{ h} = 5{,}0\text{ km.}$$



$$\left.\begin{aligned} s_T &= 90t \\ s_O &= 5{,}0 + 60t \end{aligned}\right\} \Rightarrow 90t_e = 5{,}0 + 60t_e \Rightarrow t_e = \frac{1}{6}\text{ h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{t_e = 10\text{ min}}$$

Resposta: b

21.

Entre os dois encontros:

- o ônibus percorreu:

  $\Delta s = v_1 \Delta t_1 = 75 \cdot \frac{2}{3} \Rightarrow \Delta s = 50$ km
- se não tivesse parado, o automóvel teria gasto um tempo Δt_2:

  $\Delta t_2 = \frac{\Delta s}{v_2} = \frac{50}{100} \Rightarrow \Delta t_2 = 0{,}5$ h = 30 min
- como se passaram 40 min, o automóvel gastou 10 min por causa da parada.

Resposta: c

22.

a) $\Delta s = vt \Rightarrow 90 = 120t \Rightarrow t = \frac{3}{4}\text{ h} \Rightarrow \boxed{t = 45\text{ min}}$

b) $\Delta s = vt \Rightarrow 90 = 100t \Rightarrow t = \frac{9}{10}\text{ h} \Rightarrow \boxed{t = 54\text{ min}}$

c) A 120 km/h: $\frac{7{,}33\text{ km}}{1\text{ L}} = \frac{90\text{ km}}{x} \Rightarrow \boxed{x = 12{,}3\text{ L}}$

A 100 km/h: $\frac{8{,}63\text{ km}}{1\text{ L}} = \frac{90\text{ km}}{y} \Rightarrow \boxed{y = 10{,}4\text{ L}}$

d) A 120 km/h: $\boxed{70{,}60\text{ m}}$

A 100 km/h: $\boxed{50{,}15\text{ m}}$

Respostas: a) 45 min; b) 54 min; c) a 120 km/h: 12,3 L; a 100 km/h: 10,4 L; d) a 120 km/h: 70,60 m; a 100 km/h: 50,15 m

23.

$$\Delta s_A{}^2 + \Delta s_B{}^2 = 40^2$$

$$(6t)^2 + (8t)^2 = 40^2 \Rightarrow 100t^2 = 1600 \Rightarrow \boxed{t = 4\text{ s}}$$

Resposta: 4 s

24.

Num mesmo intervalo de tempo Δt, o carro percorre $\Delta s_c = 5{,}0$ km com velocidade $v_c = 100$ km/h e o ponto na tela do radar percorre $\Delta s_p = 36$ cm com velocidade v_p.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v} \Rightarrow \frac{\Delta s_c}{v_c} = \frac{\Delta s_p}{v_p}$$

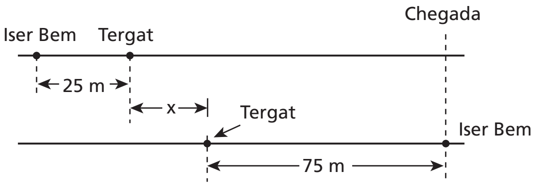
$$\frac{5{,}0\text{ km}}{100\text{ km/h}} = \frac{36 \cdot 10^{-5}\text{ km}}{v_p}$$

$$v_p = 7{,}2 \cdot 10^{-3}\text{ km/h} = 2{,}0 \cdot 10^{-3}\text{ m/s}$$

$$\boxed{v_p = 2{,}0\text{ mm/s}}$$

Resposta: 2,0 mm/s

25.



Enquanto Tergat percorreu **x**, Iser Bem percorreu x + 100:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \begin{cases} \text{Para Tergat:} \\ 5{,}2 = \dfrac{x}{\Delta t} \\ \text{Para Iser Bem:} \\ 7{,}7 = \dfrac{x + 100}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 40\text{ s}}$$

Resposta: 40 s

26.

a) $\Delta s = vt \Rightarrow 0{,}25 = v \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-3} \Rightarrow v = 62{,}5$ m/s

$\boxed{v = 225\text{ km/h}}$

b) Entre os eletrodos de registro **2** e **3**, temos:

$\Delta s = 0{,}20$m

$\Delta t = 11{,}0 \cdot 10^{-3}\text{ s} - 7{,}0 \cdot 10^{-3}\text{ s} = 4{,}0 \cdot 10^{-3}\text{ s}$

$\Delta s = vt \Rightarrow 0{,}20 = v \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-3}$

$\boxed{v = 50\text{ m/s}}$

Respostas: a) 225 km/h; b) 50 m/s

27.

a) De t = 0 até o instante t_c, em que ocorre o cruzamento, temos, em módulo:

$$\left.\begin{aligned} \Delta_{s_A} &= v_A t_c = \frac{2\ell}{3} \\ \Delta_{s_B} &= v_B t_c = \frac{\ell}{3} \end{aligned}\right. \Rightarrow v_A = 2v_B \Rightarrow 1 = 2v_B \Rightarrow \boxed{v_B = 0{,}5\text{ m/s}}$$

b) A pessoa **A** se desloca de P_2 a P_1, de t = 0 a t_d = 12 s, em que t_d é o tempo de descida:

$$\ell = v_a\, t_d = 1 \cdot 12 \Rightarrow \boxed{\ell = 12\text{ m}}$$

c) $t_d = \frac{\ell}{V_A}$

$t_s = \frac{\ell}{V_B}$ em que t_s é o tempo de subida.

$$\boxed{\frac{t_d}{t_s} = \frac{V_B}{V_A} = 0,5}$$

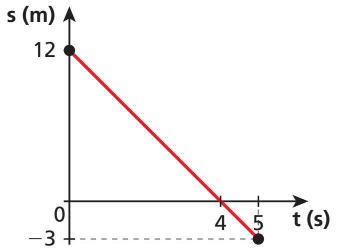
Respostas: a) 0,5 m/s; b) 12 m; c) 0,5

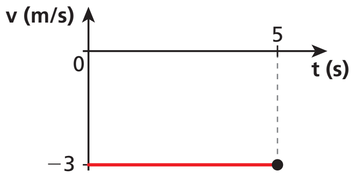
Página 52

28.

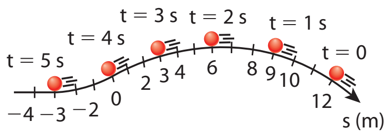
Respostas:

a)





b)



30.

a) Dos gráficos: $\boxed{s_{0_A} > s_{0_B}}$

b) Em um mesmo Δt, $\Delta s_A > \Delta s_B$. Então: $\boxed{v_A > v_B}$

c) Como **s** cresce com **t**, tanto para **A** como para **B**, ambos se movem no sentido da trajetória.

Respostas: a) $s_{0_A} > s_{0_B}$

b) $v_A > v_B$

c) No mesmo sentido em que a trajetória está orientada.

31.

Respostas: a) **A** move-se no sentido da trajetória, enquanto **B** move-se em sentido contrário.

b) **A** e **B** se encontram.

c) **B** está na origem dos espaços.

32.

A: **v** constante > 0 ⇒ **b**

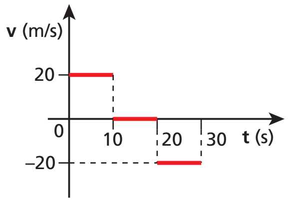
B: **v** constante < 0 ⇒ **c**

C: **s** constante ⇒ **v** constante = 0 (repouso) ⇒ **a**

Resposta: A-b; B-c; C-a

34.

a) $$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}\begin{cases} \bullet \text{ De 0 a 10 s: } v = \dfrac{300-100}{10-0} \Rightarrow v = 20\,\text{m/s (constante)} \\ \bullet \text{ De 10 a 20 s: } v = \dfrac{300-300}{20-10} \Rightarrow v = 0\,\text{(constante)} \\ \bullet \text{ De 20 a 30 s: } v = \dfrac{100-300}{30-20} \Rightarrow v = -20\,\text{m/s (constante)} \end{cases}$$



b) Em uma situação real, "bicos" (cúspides) no gráfico s × t, como os observados em t = 10 s e em t = 20 s nesta questão, não podem ocorrer pois correspondem a saltos no gráfico v × t: a velocidade pode varias de 20 m/s a 0 m/s, por exemplo, mas não instantaneamente, como se vê em t = 10 s!

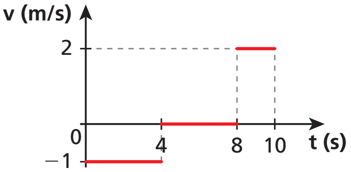
Nota: • Na ocorrência de um fenômeno de duração Δt exígua demais, como uma colisão, por exemplo, se esse Δt não puder ser registrado na escala do eixo **t**, a cúspide será inevitável.

Resposta: a) veja a figura na resolução; b) não podem ocorrer pois correspondem a saltos no gráfico v × t.

35.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}\begin{cases} \text{De 0 a 4 s: } v = \dfrac{2-6}{4-0} \Rightarrow v = -1\text{ m/s (constante)} \\ \text{De 4s a 8 s: } v = \dfrac{2-2}{8-4} \Rightarrow v = 0\text{ (constante)} \\ \text{De 8s a 10 s: } v = \dfrac{6-2}{10-8} \Rightarrow v = 2\text{ m/s (constante)} \end{cases}$$

Resposta:



36.

a) $$\left.\begin{aligned} s_{0_A} &= -6\text{ m} \\ v_A &= \frac{6-(-6)}{4-0} \Rightarrow v_A = 3\text{ m/s} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{s_A = -6 + 3t}\ \text{(SI)}$$

$$\left.\begin{aligned} s_{0_B} &= 0 \\ v_B &= \frac{6-0}{4-0} \Rightarrow v_B = 1,5\text{ m/s} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{s_B = 1,5t}\ \text{(SI)}$$

b) • Dos gráficos: $\boxed{t_e = 4\text{ s}}$ e $\boxed{s_A = s_B = 6\text{ m}}$

• Das equações:

$s_A = s_B \Rightarrow -6 + 3t_e = 1,5\,t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 4\text{ s}}$

$s_A = -6 + 3 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{s_A = s_B = 6\text{ m}}$

Respostas: a) $s_A = -6 + 3t$ (SI); $s_B = 1,5t$ (SI); b) 4 s e 6 m

37.

a) A formiga percorre 75 cm no sentido da trajetória (de 25 cm a 100 cm), fica em repouso durante algum tempo e, em seguida, percorre 100 cm em sentido oposto ao da trajetória (de 100 cm a 0 cm). Portanto, a distância percorrida de $t_0 = 0$ a $t = 220$ s é: d = 175 cm

b) De t = 160 s até t = 220 s, o movimento é uniforme. Assim, a velocidade calculada nesse intervalo vale para todos os instantes dele, inclusive para t = 190 s:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0 - 90}{220 - 160} \Rightarrow \boxed{v = -1{,}5 \text{ cm/s}}$$

c) $v_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{90 - 25}{160 - 0} \Rightarrow \boxed{v = 0{,}41 \text{ cm/s}}$

Respostas: a) 175 cm; b) −1,5 cm/s; c) 0,41 cm/s

38.

- A onda **P** é mais veloz porque, em um mesmo intervalo de tempo, percorre uma distância maior que a percorrida pela onda **S**.
- No gráfico, lemos que as ondas **P** e **S** atingem Natal nos instantes 16 s e 24 s, respectivamente.
  Portanto:

$$\Delta t = 24 \text{ s} - 16 \text{ s} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 8 \text{ s}}$$

Resposta: b

39.

- Trator I:

$$\left.\begin{array}{l} s_0 = 0 \\ v = \dfrac{60 - 0}{3 - 0} \Rightarrow v = 20 \text{ km/h} \end{array}\right\} \Rightarrow s_I = 20t$$

- Trator II:

$$\left.\begin{array}{l} s_0 = 300 \text{ km} \\ v = \dfrac{270 - 300}{3 - 0} \Rightarrow v = -10 \text{ km/h} \end{array}\right\} \Rightarrow s_{II} = 300 - 10t$$

- $s_I = s_{II}$:

$$20t_e = 300 - 10t_e \Rightarrow 30t_e = 300 \Rightarrow \boxed{t_e = 10 \text{ h}}$$

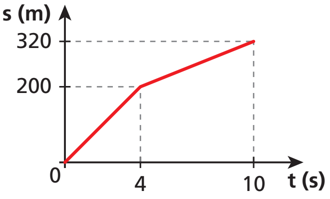
Resposta: 10 h

40.

a) $\Delta s = \text{“área”} \Rightarrow \Delta s = 4 \cdot 50 + 6 \cdot 20 \Rightarrow \Delta s = 320$ m

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{320}{10} \Rightarrow \boxed{v_m = 32 \text{ m/s}}$$

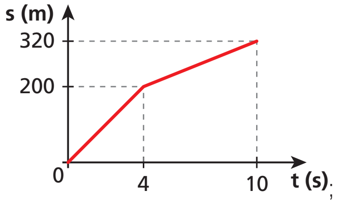
b)



c) Não. O valor da velocidade não pode saltar instantaneamente de 50 m/s para 20 m/s. Consequentemente, o gráfico **s × t** não pode ter “quinas”, como a observada em t = 4 s. Apesar disso, gráficos assim aparecem em livros (como neste), vestibulares e olimpíadas de Física.

Respostas: a) 32 m/s

b)



c) Não é possível, pois a velocidade não pode variar instantaneamente, como está representado em t = 4 s.

41.

$\Delta s = \text{“área”}$

$\Delta s = 2 \cdot 60 + 3 \cdot 120 \Rightarrow \Delta s = 480$ km

$\Delta t = 6$ h

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{480}{6} \Rightarrow \boxed{v_m = 80 \text{ km/h}}$$

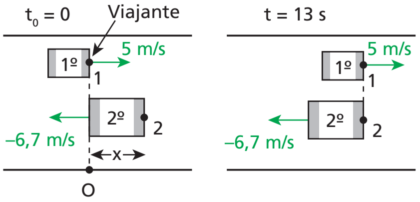
Nota:

- Frequentemente encontramos alunos que acham estranho levar em conta o tempo em que o automóvel ficou parado. É preciso entender que o fato de o veículo ter ficado parado faz com que diminua o número de quilômetros percorridos em média, em cada hora. Isso é análogo ao cálculo da média anual em determinada disciplina: se o aluno ficou com zero em certo bimestre, isso faz com que o número médio de pontos durante o ano fique menor. Esse zero não é ignorado!

Resposta: 80 km/h

42.

18 km/h = 5 m/s 24 km/h ≅ 6,7 m/s

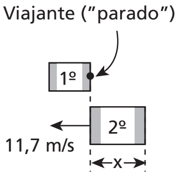


$$s = s_0 + vt \Rightarrow \begin{cases} s_1 = 5t \\ s_2 = x - 6{,}7t \end{cases}$$

Em t = 13 s, $s_1 = s_2$: $5 \cdot 13 = x - 6{,}7 \cdot 13 \Rightarrow \boxed{x = 152 \text{ m}}$

Nota:

- A resolução dessa questão é simplificada estudando-se o movimento relativo entre os dois trens. Isso equivale a admitir, por exemplo, um referencial no 1º trem. Com isso, a velocidade escalar do 2º trem é de 11,7 m/s (5 m/s + 6,7 m/s), em módulo:

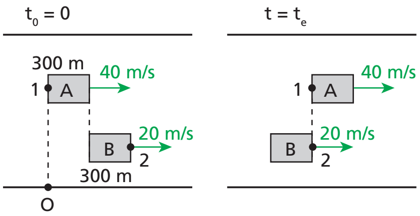


$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 11{,}7 = \frac{x}{13} \Rightarrow \boxed{x = 152 \text{ m}}$$

Resposta: 152 m

43.

a)

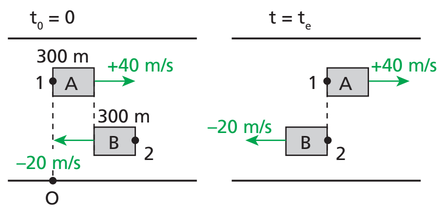


$$s = s_0 + v\,t \Rightarrow \begin{cases} s_1 = 40t \\ s_2 = 600 + 20t \end{cases}$$

$$40t_e = 600 + 20\,t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 30\text{ s}}$$

$$s_1 = 40\,t_e = 40 \cdot 30 \Rightarrow \boxed{s_1 = 1200\text{ m}}$$

b)



$$s = s_0 + v\,t \Rightarrow \begin{cases} s_1 = 40t \\ s_2 = 600 - 20t \end{cases}$$

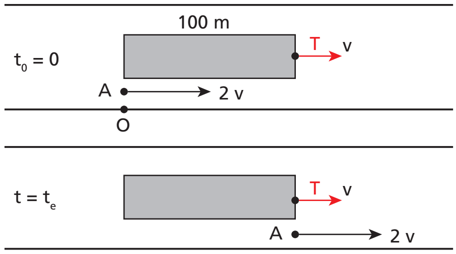
$$40\,t_e = 600 - 20\,t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 10\text{ s}}$$

$$s_1 = 40\,t_e = 40 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{s_1 = 400\text{ m}}$$

É interessante e prático resolver essa questão estudando o movimento relativo entre os trens.

Respostas: a) 30 s e 1 200 m; b) 10 s e 400 m

44.



$$s = s_0 + v\,t \Rightarrow \begin{cases} s_A = 2\,v\,t \\ s_T = 100 + v\,t \end{cases}$$

$$2\,v\,t_e = 100 + v\,t_e \Rightarrow t_e = \frac{100}{v}$$

$$s_A = 2\,v\,t_e = 2\,v\,\frac{100}{v} \Rightarrow \boxed{s_A = 200\text{ m}}$$

Resposta: 200 m

45. Calculamos, inicialmente, o número **n** de quadros projetados durante 1,0 minuto (60 s):

24 quadros ———— 1,0 s
n ———— 60 s
$\Rightarrow \boxed{n = 1440\text{ quadros}}$

Determinamos, agora, a duração real Δt da cena filmada:

40 quadros ———— 1,0 s
1 440 quadros ———— Δt
$\Rightarrow \boxed{t = 36\text{ segundos}}$

Resposta: 1 440 quadros e 36 segundos

46.

a) 90 km/h = 25 m/s

Enquanto o caminhão percorre $\Delta s_c = 0{,}20$ m com velocidade $v_c = 25$ m/s, a bala percorre $\Delta s_b = 2{,}00$ m com velocidade v_b.

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} \Rightarrow \frac{\Delta s_c}{v_c} = \frac{\Delta s_b}{v_b} \Rightarrow \frac{0{,}20}{25} = \frac{2{,}00}{v_b}$$

$$\boxed{v_b = 250\text{ m/s}}$$

b) **A**.

Respostas: a) 250 m/s; b) A

47.

a) Do emissor até **A**, temos:

$$\Delta s_{osso} = v_{osso}\,t_{osso} \Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^{-2} = \frac{10}{3} \cdot 10^3\,t_{osso} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_{osso} = 3{,}0 \cdot 10^{-6}\text{ s}$$

$$\Delta s_{tec.\ enc.} = v_{tec.\ enc}\,t_{tec.\ enc} \Rightarrow 10{,}0 \cdot 10^{-2} = 1{,}6 \cdot 10^3\,t_{tec.\ enc.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_{tec.\ enc.} = 6{,}25 \cdot 10^{-5}\text{ s}$$

Sendo **T** o tempo pedido: $T = 2\,t_{osso} + 2\,t_{tec.\ enc} \Rightarrow \boxed{T = 1{,}3 \cdot 10^{-4}\text{ s}}$

b) $T' = 5{,}0 \cdot 10^{-5}$ s

$$T' = 2\,t_{osso} + 2\,t'_{tec.\ enc.}$$

$$5{,}0 \cdot 10^{-5} = 6{,}0 \cdot 10^{-6} + 2\,t'_{tec.\ enc.} \Rightarrow \boxed{t'_{tec.\ enc.} = 2{,}2 \cdot 10^{-5}\text{ s}}$$

$$t'_{tec.\ enc.} = \frac{\Delta s_{tec.\ enc.}}{v_{tec.\ enc.}} \Rightarrow \Delta s_{tec.\ enc.} = 2{,}2 \cdot 10^{-5} \cdot 1{,}6 \cdot 10^3$$

$$\Delta s_{tec.\ enc.} = 3{,}5\text{ cm}$$

Sendo **d** a distância pedida: $d = 10{,}0\text{ cm} - 3{,}5\text{ cm} \Rightarrow \boxed{d = 6{,}5\text{ cm}}$

Respostas: a) $1{,}3 \cdot 10^{-4}$ s; b) 6,5 cm

48. O trem chega ao cruzamento em 10 s e termina a passagem por esse ponto em 16 s. Para não haver acidente, o automóvel deve chegar ao cruzamento em $\Delta t \leqslant 10$ s ou em $\Delta t \geqslant 16$ s.

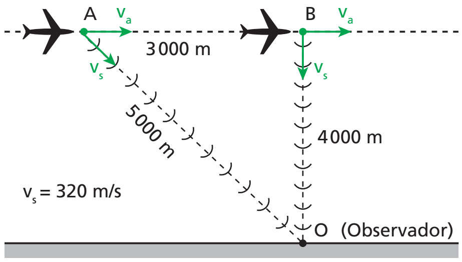
Para o automóvel: $\Delta t = \dfrac{\Delta s}{v} \Rightarrow \Delta t = \dfrac{160}{v}$

$$\Delta t \leqslant 10\text{ s} \Rightarrow \frac{160}{v} \leqslant 10 \Rightarrow \boxed{v \geqslant 16\text{ m/s}}$$

$$\text{ou } \Delta t \geqslant 16\text{ s} \Rightarrow \frac{160}{v} \geqslant 16 \Rightarrow \boxed{v \leqslant 10\text{ m/s}}$$

Resposta: $\Delta t \leqslant 10$ s $\Rightarrow v \geqslant 16$ m/s; $\Delta t \geqslant 16$ s $\Rightarrow v \leqslant 10$ m/s

49.



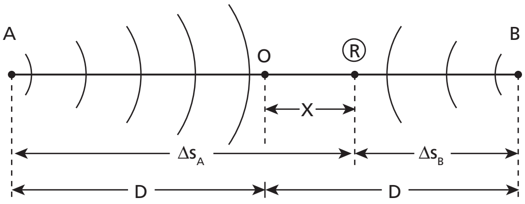
$$\Delta t_{avião_{AB}} + \Delta t_{som_{BO}} = \Delta t_{som_{AO}} + 4$$

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} : \frac{3000}{v_a} + \frac{4000}{320} = \frac{5000}{320} + 4$$

$$\boxed{v_a = 421\text{ m/s}}$$

Resposta: 421 m/s

50.



$\Delta t_A = 68{,}5 \cdot 10^{-3}$ s

$\Delta t_B = 64{,}8 \cdot 10^{-3}$ s

$c = 300\,000$ km/s

a) $\Delta s_A = c\,\Delta t_A = 300000 \text{ km/s} \cdot 68{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

$\Delta s_A = 20550 \text{ km}$

$\Delta s_B = c\,\Delta t_B = 300000 \text{ km/s} \cdot 64{,}8 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

$\Delta s_B = 19\,440 \text{ km}$

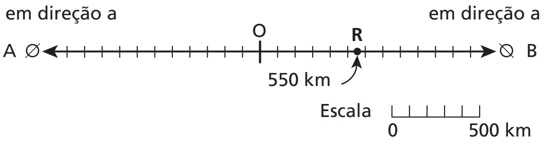
$\Delta s_A + \Delta s_B = 2\text{ D} \Rightarrow 39990 = 2\text{ D}$

$\boxed{D = 19995 \text{ km}}$

b) $x = \Delta s_A - D = 20550 - 19995$

$\boxed{x = 555 \text{ km}}$

c)



Respostas: a) 19 995 km; b) 555 km;
c) Veja a figura na resolução.

51.

a) Observando que o tempo **t** que comparece na função horária é o tempo durante o qual a partícula se moveu, temos:

$$s = s_0 + v\,t \Rightarrow \begin{cases} \boxed{s_B = 50 + 20\,t} & \text{(SI)} \\ s_A = 10 + 40\,(t - 3) & \\ \boxed{s_A = -110 + 40\,t} & \text{(SI)} \end{cases}$$

b) $50 + 20\,t_e = -110 + 40\,t_e \Rightarrow \boxed{t_e = 8 \text{ s}}$

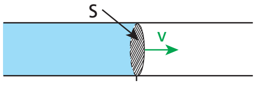
Respostas:

a) $s_B = 50 + 20\,t$; $s_A = -110 + 40\,t$ (SI)

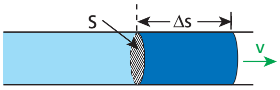
b) 8 s

52. Vamos considerar um tubo cilíndrico, cuja seção transversal tem área **S**. Esse tubo está cheio de água, que escoa através dele com velocidade escalar constante **v**. A vazão volumétrica (**Z**) do tubo é o volume (**V**) de água que atravessa uma seção transversal por unidade de tempo:

No instante **t**:



No instante t + Δt:



$$Z = \frac{V}{\Delta t} = \frac{S\,\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{Z = S\,v}$$

a) Para $S_A = 200 \text{ m}^2$ e $v_A = 1{,}0$ m/s, temos:

$Z = S_A\,v_A = 200 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \boxed{Z = 200 \text{ m}^3\text{/s}}$

b) A vazão volumétrica é a mesma em qualquer seção do rio:

$S_A\,v_A = S_B\,v_B$

$200 \cdot 1{,}0 = 40\,v_B \Rightarrow \boxed{v_B = 5{,}0 \text{ m/s}}$

Respostas: a) 200 m³/s; b) 5,0 m/s

53.

a) A velocidade escalar jamais poderia ser igual à tangente trigonométrica de **α**, pois a velocidade tem uma unidade física de medida (m/s, no caso), enquanto a tangente é um número puro, ou seja, adimensional.

b) Também não. Observe que:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{15 \text{ m}}{3 \text{ s}} \Rightarrow v = 5 \text{ m/s}$$

A tangente de **α**, no entanto, é o quociente do **comprimento** do cateto oposto a **α** pelo **comprimento** do cateto adjacente a **α**:

$$\text{tg}\alpha = \frac{3 \text{ unidades de comprimento}}{6 \text{ unidades de comprimento}} = \frac{1}{2}$$

A coincidência numérica só aconteceria se os segmentos representativos das unidades de **s** e de **t** tivessem a mesma medida.

Respostas: a) Não; b) Não.

54.

Como o espaço **e** é função do primeiro grau em **t**, o movimento é uniforme. Assim, a velocidade escalar do móvel é constante e diferente de zero. Entretanto, não é correto afirmar que essa velocidade é numericamente igual à tangente de 45° (1), como esclarece o exercício 53.

Quanto à aceleração, escalar ou vetorial, podemos garantir que é nula, pois o movimento é uniforme e, além disso, o enunciado afirma que ele é retilíneo. Assim, faltam dados para calcular a velocidade do móvel.

Resposta: d

55.

a) Como cada trem viaja a 45 km/h, concluímos, de imediato, que eles se aproximam 90 km em 1 h.
Portanto, o instante da colisão é t = 1 h.

b) Se a supermosca sempre esteve a 120 km/h, em 1 h ela percorreu uma distância igual a 120 km.

Respostas: a) 1 h; b) 120 km

56.

AB = 10A + B
BA = 10B + A
A0B = 100A + B

Então, como o movimento é uniforme:
A0B − BA = BA − AB
(100A + B) − (10B + A) = (10B + A) − (10A + B)
99A − 9B = 9B − 9A
B = 6A

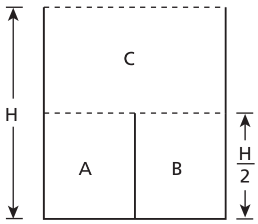
Para A = 1 : B = 6
Para A = 2 : B = 12 (não serve)

Portanto:
km AB = km 16
km BA = km 61
km A0B = km 106
Em cada hora, Δs = 45 km. Então:

$\boxed{v = 45 \text{ km/h}}$

Resposta: 45 km/h

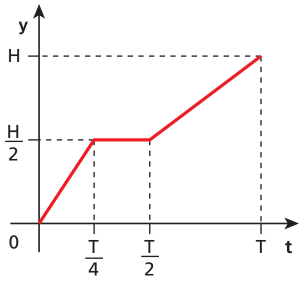
57.



A capacidade da região **A** é igual a $\frac{1}{4}$ da capacidade total do frasco. Assim, sendo **T** o instante em que o frasco fica completamente cheio, a região **A** estará cheia no instante $\frac{T}{4}$. Como as capacidades das regiões **A** e **B** são iguais, a região **B** estará cheia no instante $\frac{2T}{4}$, ou seja, no instante $\frac{T}{2}$. Note que o nível da água permanece constante em $y = \frac{H}{2}$, enquanto **B** é enchida. A capacidade da região **C** é o dobro das de **A** e **B**.

Então, essa região estará cheia no instante $\frac{4T}{4}$, ou seja, no instante **T**.

Resposta:

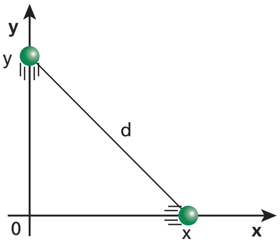


58.

$d^2 = x^2 + y^2$

$d^2 = (5 + 8t)^2 + (-3 + 2t)^2$

$d^2 = \underbrace{68}_{a} t^2 + \underbrace{68}_{b} t + \underbrace{34}_{c}$

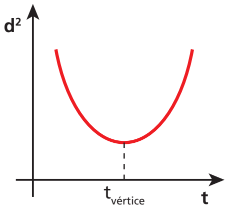


$t_{\text{vértice}} = \frac{-b}{2a} = \frac{-68}{2 \cdot 68}$

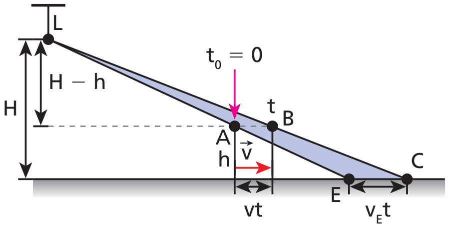
$\boxed{t_{\text{vértice}} = -0{,}5 \text{ s}}$

Observe que, se d^2 é mínimo, **d** também o é.

Resposta: −0,5 s



59.



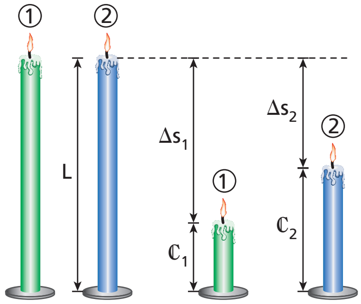
Da semelhança dos triângulos LAB e LEC, temos:

$\frac{H}{EC} = \frac{H - h}{AB} \Rightarrow \frac{H}{v_E t} = \frac{H - h}{vt} \Rightarrow \boxed{v_E = \frac{H}{H - h} \cdot v}$

Resposta: $\frac{H}{H - h} \cdot v$

60.

$t_0 = ?$ $t_1 = 16 \text{ h}$



$v_1 = \frac{L}{3}$ e $v_2 = \frac{L}{4}$

- $C_2 = 2C_1 \Rightarrow L - \Delta s_2 = 2(L - \Delta s_1)$

$L - v_2 \Delta t = 2L - 2v_1 \Delta t \Rightarrow 2\frac{L}{3}\Delta t - \frac{L}{4}\Delta t = L$

$\frac{8\Delta t - 3\Delta t}{12} = 1 \Rightarrow \Delta t = \frac{12}{5} \text{ h} = 2{,}4 \text{ h}$

$\boxed{\Delta t = 2 \text{ h } 24 \text{ min}}$

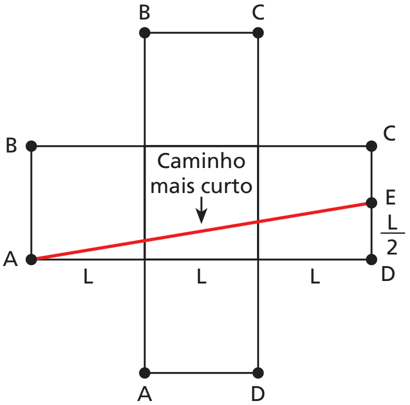
$\Delta t = t_1 - t_0 \Rightarrow t_0 = t_1 - \Delta t \Rightarrow t_0 = 16 \text{ h} - 2 \text{ h } 24 \text{ min}$

$\boxed{t_0 = 13 \text{ h } 36 \text{ min}}$

Resposta: 13 h 36 min

61.

O tempo de percurso será $t_{\text{mín}}$ se a formiga caminhar de **A** a **E** pelo caminho mais curto. Para perceber facilmente qual é esse caminho mais curto, vamos tombar as paredes laterais da caixa sobre o plano de seu fundo:



No triângulo sombreado, temos:

$AE^2 = AD^2 + DE^2 = (3L)^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{37L^2}{4}$

$AE = \frac{\sqrt{37}\, L}{2}$

Como $\Delta s = vt$

$AE = v\, t_{\text{mín}} \Rightarrow \boxed{t_{\text{mín}} = \frac{\sqrt{37}\, L}{2\, v}}$

Resposta: $\frac{\sqrt{37}\, L}{2\, v}$

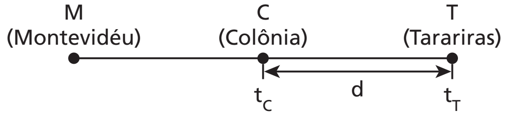
62.

$\Delta s = vt \Rightarrow AD + DE = v\, t_{\text{mín}} \Rightarrow L + \frac{L}{2} = v\, t_{\text{mín}}$

$\boxed{t_{\text{mín}} = \frac{3\, L}{2\, v}}$

Resposta: $\frac{3\, L}{2\, v}$

63.



Habitualmente, o senhor Gutiérrez (**G**) chega a **C** no horário t_C.
Para levá-lo de **C** a **T**, o carro da empresa, com velocidade de módulo **v**, percorre uma distância **d** e gasta um tempo t_{CT}:

$v = \frac{d}{t_{CT}} \Rightarrow t_{CT} = \frac{d}{60}$

Portanto, **G** chega a **T** no horário t_T, dado por:

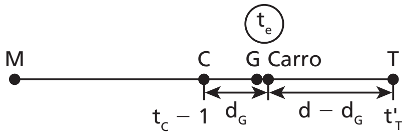
$t_T = t_C + t_{CT} \Rightarrow \boxed{t_T = t_C + \frac{d}{60}}$ (I)

Ao longo desta resolução, será preciso lembrar que o carro da empresa, para pegar **G** pontualmente em **C**, tem de sair de **T** no horário $t_{saída'}$, dado por:

$$t_{saída'} = t_T - 2t_{CT} = t_C + \frac{d}{60} - 2\,\frac{d}{60}$$

$$\boxed{t_{saída} = t_C - \frac{d}{60}} \quad \text{(II)}$$

Quando saiu mais cedo, **G** chegou a **C** no horário $(t_C - 1)$. Depois, caminhando, percorreu uma distância d_G, desde o horário $(t_C - 1)$ até o horário t_e, quando se encontrou com o carro, e mais uma distância $(d - d_G)$, de carro, chegando a **T** no horário t'_T:



$$t'_T = (t_C - 1) + \frac{d_G}{v_G} + \frac{d - d_G}{v}$$

$$t'_T = (t_C - 1) + \frac{d_G}{6} + \frac{d - d_G}{60}$$

$$\boxed{t'_T = (t_C - 1) + \frac{3}{20}\,d_G + \frac{d}{60}} \quad \text{(III)}$$

Fazendo (I) – (III), expressamos Δt, que significa quanto tempo **G** chegou mais cedo à empresa.

$$\Delta t = t_T - t'_T \Rightarrow \boxed{\Delta t = 1 - \frac{3}{20}\,d_G} \quad \text{(IV)}$$

Falta conhecer d_G.
O senhor **G**, com velocidade de módulo v_G, percorre a distância d_G desde o horário $(t_C - 1)$ até o horário t_e. O carro da empresa, por sua vez, com velocidade de módulo **v**, percorre a distância $(d - d_G)$ desde o horário $t_{saída}$ até t_e:

$$v_G = \frac{d_G}{\Delta t_G} \Rightarrow v_G = \frac{d_G}{t_e - (t_c - 1)} = 6 \Rightarrow \boxed{d_G = 6\,t_e - 6\,(t_C - 1)} \quad \text{(V)}$$

$$v = \frac{d - d_G}{\Delta t_{carro}} \Rightarrow v = \frac{d - d_G}{t_e - t_{saída}} \xRightarrow{\text{usando (II)}}$$

$$\Rightarrow v = \frac{d - d_G}{t_e - t_c + \frac{d}{60}} = 60$$

$$\boxed{d - d_G = 60\,t_e - 60\,t_C + d} \quad \text{(VI)}$$

Fazendo (V) + (VI), obtemos:

$$d = 66t_e - 66\,t_C + 6 + d \Rightarrow \boxed{t_e = t_C - \frac{1}{11}} \quad \text{(VII)}$$

Substituindo (VII) em (V), vem:

$$d_G = 6\,t_C - \frac{6}{11} - 6\,t_C + 6 \Rightarrow d_G = \frac{60}{11}\ \text{km}$$

De (IV), temos:

$$\Delta t = 1 - \frac{3}{20} \cdot \frac{60}{11} = 1 - \frac{9}{11} \Rightarrow \Delta t = \frac{2}{11}\ \text{h} = \frac{2}{11} \cdot 60\ \text{min}$$

$$\boxed{\Delta t = 10{,}9\ \text{min}}$$

Resposta: 10,9 minutos

Tópico 3 – Movimento uniformemente variado

Página 62

1.

a) $\left.\begin{array}{l} v = v_0 + \alpha t \\ v = 15 + 20t \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{v_0 = 15\ \text{m/s}}$ e $\boxed{\alpha = 20\ \text{m/s}^2}$

b) $v = 15 + 20 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{v = 95\ \text{m/s}}$

c) $215 = 15 + 20t \Rightarrow \boxed{t = 10\ \text{s}}$

Respostas: a) 15 m/s e 20 m/s², respectivamente; b) 95 m/s; c) 10 s

2.

64,8 km/h = 18 m/s

$$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{18 - 0}{5} \Rightarrow \boxed{\alpha = 3{,}6\ \text{m/s}^2}$$

Resposta: 3,6 m/s²

3.

a) $v = v_0 + \alpha\,t \Rightarrow \boxed{v = 20 - 2t}$ (SI)

b) $0 = 20 - 2t \Rightarrow \boxed{t = 10\ \text{s}}$

Respostas: a) v = 20 – 2t (SI); b) 10 s

4.

$v = 0 + 3t \Rightarrow v = 3t$

$v = 3 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{v = 30\ \text{m/s}}$

Resposta: 30 m/s

6.

$v = v_0 + \alpha t$

$0 = v_0 - 4 \cdot 20 \Rightarrow \boxed{v_0 = 80\ \text{m/s}}$

Resposta: 80 m/s

7.

- $v_0 = 20{,}0\ \text{m/s};\ \alpha = \dfrac{5{,}0 - 20{,}0}{5{,}0 - 0} \Rightarrow \alpha = -3{,}0\ \text{m/s}^2$
- $v = v_0 + \alpha t \Rightarrow v = 20{,}0 - 3{,}0 \cdot 3{,}5$

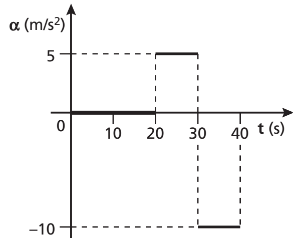
$$\boxed{v = 9{,}5\ \text{m/s}}$$

Resposta: 9,5 m/s

8.

- De 0 a 20 s: $\alpha = 0$ (constante)
- De 20 s a 30 s: $\alpha = \dfrac{100 - 50}{30 - 20} \Rightarrow \alpha = 5\ \text{m/s}^2$ (constante)
- De 30 a 40 s: $\alpha = \dfrac{0 - 100}{40 - 30} \Rightarrow \alpha = -10\ \text{m/s}^2$ (constante)

Resposta:



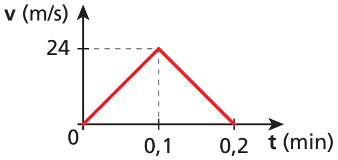
9.

a) • $0{,}1\ \text{min} = 6\ \text{s}$

• $\text{“área”} = v_6 - v_0 \Rightarrow 6 \cdot 4 = v_6 - v_0 \Rightarrow \boxed{v_6 = 24\ \text{m/s}}$

b) • $0{,}2\ \text{min} = 12\ \text{s}$

• $\text{“área”} = v_{12} - v_6 \Rightarrow 6 \cdot (-4) = v_{12} - 24 \Rightarrow \boxed{v_{12} = 0}$



Respostas: a) 24 m/s; b) Veja gráfico na resolução.

11.

a) $20 - 4t > 0 \Rightarrow 4t < 20 \Rightarrow \boxed{0 \leqslant t < 5\ \text{s}}$

b) $20 - 4t < 0 \Rightarrow 4t > 20 \Rightarrow \boxed{t > 5\ \text{s}}$

c) **v** e α com mesmo sinal:

$\alpha < 0$

$v < 0 \Rightarrow \boxed{t > 5\ \text{s}}$

d) **v** e α com sinais contrários:

$\alpha < 0$

$v > 0 \Rightarrow \boxed{0 \leqslant t < 5\ \text{s}}$

Respostas: a) $0 \leqslant t < 5$ s; b) $t > 5$ s; c) $t > 5$ s; d) $0 \leqslant t < 5$ s

12.

I. $v > 0 \Rightarrow$ progressivo
$v > 0$ e $\alpha > 0$ (ou $|v|$ cresce com **t**) $\Rightarrow$ acelerado
II. $v > 0 \Rightarrow$ progressivo
$v =$ constante $\Rightarrow$ uniforme
III. $v > 0 \Rightarrow$ progressivo
$v > 0$ e $\alpha < 0$ (ou $|v|$ decresce com **t**) $\Rightarrow$ retardado
IV. $v =$ constante $= 0 \Rightarrow$ repouso
V. $v < 0 \Rightarrow$ retrógrado
$v < 0$ e $\alpha < 0$ (ou $|v|$ cresce com **t**) $\Rightarrow$ acelerado
VI. $v < 0 \Rightarrow$ retrógrado
$v =$ constante $\Rightarrow$ uniforme
VII. $v < 0 \Rightarrow$ retrógrado
$v < 0$ e $\alpha > 0$ (ou $|v|$ decresce com **t**) $\Rightarrow$ retardado

Respostas: I) Progressivo e acelerado; II) Progressivo e uniforme; III) Progressivo e retardado; IV) Repouso; V) Retrógrado e acelerado; VI) Retrógrado e uniforme; VIII) Retrógrado e retardado.

Página 64

14.

a) $\boxed{\alpha_I = 0}$ (movimento uniforme)

$$\alpha_{II} = \frac{20 - 10}{10 - 5} \Rightarrow \boxed{\alpha_{II} = 2\ \text{m/s}^2}$$

$$\alpha_{III} = \frac{0 - 20}{15 - 10} \Rightarrow \boxed{\alpha_{III} = -4\ \text{m/s}^2}$$

b) $d = \Delta s = \text{“área”}$

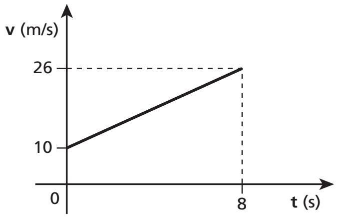
$$d = 5 \cdot 10 + \frac{(20 + 10) \cdot 5}{2} + \frac{5 \cdot 20}{2}$$

$$\boxed{d = 175\ \text{m}}$$

Respostas: a) $\alpha_I = 0$; $\alpha_{II} = 2\ \text{m/s}^2$; $\alpha_{III} = -4\ \text{m/s}^2$; b) 175 m

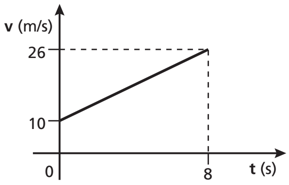
15.

a) $v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 26 = 10 + 2t' \Rightarrow t' = 8\ \text{s}$



b) $$\Delta s = \frac{(26 + 10)8}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta s = 144\ \text{m}}$$

Respostas: a)



b) 144 m

16.

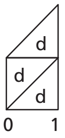
“A velocidade escalar constante que o corpo deveria manter para percorrer a mesma distância no mesmo intervalo de tempo” é outra maneira de conceituar a velocidade escalar média.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\text{“área”}}{\Delta t}$$

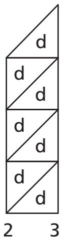
$$v_m = \frac{\frac{(60 + 20) \cdot 30}{2}}{60} \Rightarrow \boxed{v_m = 20\ \text{m/s}}$$

Resposta: 20 m/s

17.



$\text{“Área”} = \Delta s \Rightarrow 3d = 1{,}5\ \text{m} \Rightarrow d = 0{,}5\ \text{m}$



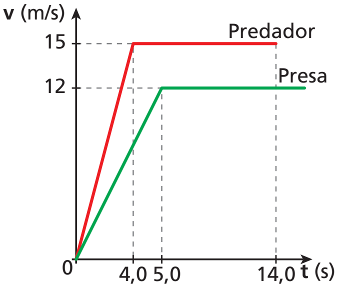
$\Delta s = \text{“área”} = 7d = 7 \cdot 0{,}5\ \text{m} \Rightarrow \boxed{\Delta s = 3{,}5\ \text{m}}$

Resposta: 3,5 m

18.

$v_{predador}\ (\text{máx}) = 54\ \text{km/h} = 15\ \text{m/s}$

$v_{presa}\ (\text{máx}) = \frac{4}{5} \cdot 15\ \text{m/s} = 12\ \text{m/s}$



De $t = 0$ a $t = 14{,}0$ s:

$$\Delta s_{predador} = \text{“área”} = \frac{(14{,}0 + 10{,}0)\ 15}{2} \Rightarrow \Delta s_{predador} = 180 \text{ m}$$

$$\Delta s_{presa} = \text{“área”} = \frac{(14{,}0 + 9{,}0)\ 12}{2} \Rightarrow \Delta s_{presa} = 138 \text{ m}$$

Então, a distância inicial máxima, **D**, deve ser:

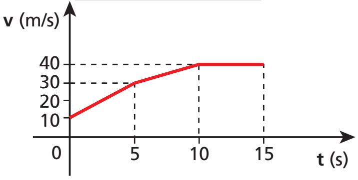
$$D = 180 - 138 \Rightarrow \boxed{D = 42 \text{ m}}$$

Resposta: c

19.

a) $\Delta v = \text{“área”}$; $v_0 = 10$ m/s

- $v_5 - v_0 = 20 \Rightarrow v_5 - 10 = 20 \Rightarrow \boxed{v_5 = 30 \text{ m/s}}$
- $v_{10} - v_5 = 10 \Rightarrow v_{10} - 30 = 10 \Rightarrow \boxed{v_{10} = 40 \text{ m/s}}$
- $v_{15} - v_{10} = 0 \Rightarrow \boxed{v_{15} = v_{10} = 40 \text{ m/s}}$



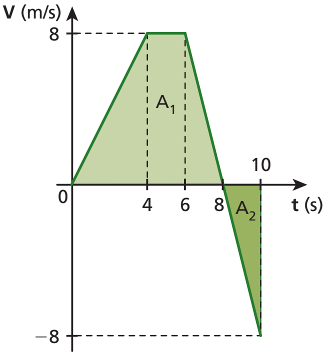
b) Não, como podemos observar no resultado do item **a**. Quando a aceleração escalar diminuiu de 4 m/s^2 para 2 m/s^2, por exemplo, a velocidade escalar **v** continuou crescendo: o que diminuiu foi a taxa de crescimento de **v** em relação ao tempo.

Compare esta questão com a questão 20 deste tópico, em que a aceleração escalar diminui e, além disso, muda de sinal.

Respostas: a) Veja o gráfico na resolução; b) Não.

20.

- $v_0 = 0$
- De 0 a 4 s: $\Delta v = \text{“área”} \Rightarrow v_4 - v_0 = 4 \cdot 2 \Rightarrow v_4 = 8$ m/s
- $v_6 = v_4 = 8$ m/s
- De 6 s a 10 s: $\Delta v = \text{“área”} \Rightarrow v_{10} - v_6 = 4(-4) \Rightarrow$
  $\Rightarrow v_{10} - 8 = -16 \Rightarrow v_{10} = -8$ m/s



$$\text{Distância percorrida} = A_1 + |A_2| = \frac{(8 + 2)8}{2} + \frac{2 \cdot 8}{2} = 48$$

$$\boxed{\text{Distância percorrida} = 48 \text{ m}}$$

Resposta: b

21.

a) $\Delta s = \text{“área”} = \frac{(1 + v_0)}{2} \cdot 1 + \frac{(1 \cdot 1)}{2} = 1{,}2$

$$\boxed{v_0 = 0{,}4 \text{ m/s}}$$

b) Este é o significado da velocidade escalar média:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1{,}2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{v_m = 0{,}6 \text{ m/s}}$$

Respostas: a) 0,4 m/s; b) 0,6 m/s

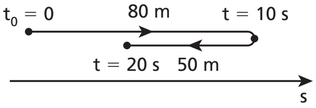
22.

a) De $t_0 = 0$ a $t = 10$ s, o ponto desloca-se Δs, no sentido da trajetória (velocidade escalar positiva):

$$\Delta s_1 = \text{“área”} = \frac{(10 + 6)}{2} \cdot 10 \Rightarrow \Delta s_1 = 80 \text{ m}$$

De $t = 10$ s a $t = 20$ s, o ponto desloca-se de Δs_2 em sentido oposto ao da trajetória (velocidade escalar negativa):

$$\Delta s_2 = \text{“área”} = \frac{10 \cdot (-10)}{2} \Rightarrow \Delta s_2 = -50 \text{ m}$$



O máximo afastamento é 80 m.

b) A distância percorrida (**d**) é dada por:

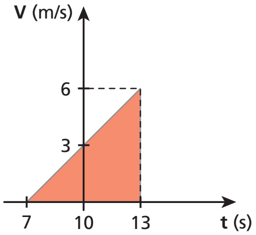
$$d = |\Delta s_{ida}| + |\Delta s_{volta}| = |\Delta s_1| + |\Delta s_2|$$

$$d = 80 \text{ m} + 50 \text{ m}$$

$$\boxed{d = 130 \text{ m}}$$

Respostas: a) 80 m; b) 130 m

23.

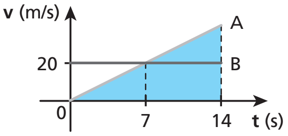


$$\Delta s = \text{“área”} = \frac{(13 - 7)6}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta s = 18 \text{ m}}$$

Resposta: b

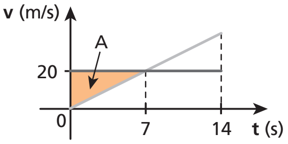
24.

a) Em $t_0 = 0$, os automóveis estão lado a lado.
Para que isto volte a ocorrer, devemos ter $\Delta s_A = \Delta s_B$:



Em $t = 14$ s, as “áreas” do triângulo (Δs_A) e do retângulo (Δs_B) são iguais.

b) A distância entre **B** e **A** aumenta enquanto **B** é mais veloz que **A**, atingindo valor máximo quando as velocidades se igualam ($t = 7$s). A diferença **A** entre as “áreas” calculadas de 0 a 7 s é igual a $\frac{7 \cdot 20}{2}$ m, ou seja, 70 m:

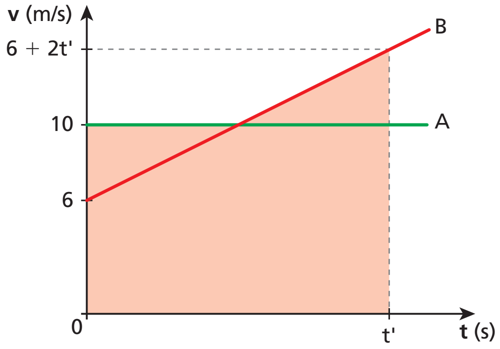


Respostas: a) 14 s; b) 70 m

25.

$$\alpha_B = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 - 6}{2 - 0} \Rightarrow \alpha_B = 2\ m/s^2$$

Seja **t'** o instante procurado. Nesse instante: $v_B = 6 + 2t'$



$$\Delta s_B = \Delta s_A + 32$$

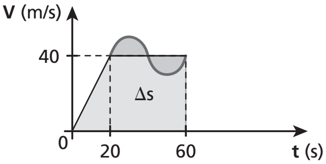
$$\frac{[(6 + 2t') + 6]\ t'}{2} = 10t' + 32$$

$$\boxed{t' = 8\ s}$$

Resposta: 8 s

26.

Para o cálculo de “área”, o gráfico dado equivale a:



$$\Delta s = \frac{(60 + 40)40}{2} \Rightarrow \Delta s = 2\,000\ m = 2\ km \Rightarrow \boxed{km\ 22}$$

Resposta: km 22

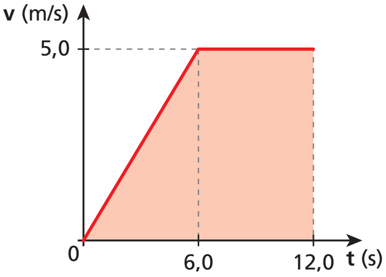
27.

Determinação do instante t_E em que o barril explode:

$\Delta s = vt \Rightarrow 0{,}60 = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ t_E$

$t_E = 12{,}0\ s$

Determinação da distância **d** que o “bandido” percorre de $t = 0$ até $t = t_E$:



$$d = \text{“área”} = \frac{(12{,}0 + 6{,}0)\ 5{,}0}{2} \Rightarrow \boxed{d = 45\ m}$$

Resposta: e

28.

Devemos encontrar o instante **T** tal que, de $t = 0$ a $t = T$:

$\Delta s_{Guepardo} = \Delta s_{Gazela} + 27{,}0\ m$

Por meio das “áreas” dos gráficos, obtemos:

$$\frac{[T + (T - 3{,}0)]\ 20{,}0}{2} = \frac{[T + (T - 3{,}0)]\ 14{,}0}{2} + 27{,}0$$

$(2T - 3{,}0)\ 20{,}0 = (2T - 3{,}0)\ 14{,}0 + 54{,}0$

$$\boxed{T = 6{,}0\ s}$$

Resposta: c

Página 67

30.

$s_0 = 10\ m;\ v_0 = 0;\ \alpha = 2\ m/s^2$

a) • $s = s_0 + v_0\,t + \frac{\alpha}{2}\ t^2$

$$s = 10 + \frac{2}{2} \cdot 5^2 \Rightarrow \boxed{s = 35\ m}$$

• $v = v_0 + \alpha\,t = 0 + 2 \cdot 5$

$$\boxed{v = 10\ m/s}$$

b) Acelerado

Respostas: a) s = 35 m e v = 10 m/s; b) Acelerado.

31.

a) $v = v_0 + \alpha\,t \Rightarrow 0 = 80 - 20\,t \Rightarrow \boxed{t = 4\ s}$

b) $\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{\alpha}{2}\ t^2 = 80 \cdot 4 - \frac{20}{2} \cdot 4^2$

$$\boxed{\Delta s = d = 160\ m}$$

Respostas: a) 4 s; b) 160 m

32.

a) $\Delta s = \frac{\alpha}{2}\ t^2 \Rightarrow 6 = \frac{\alpha}{2} \cdot 2^2$

$$\boxed{= 3\ m/s^2}$$

b) $v = \alpha\,t = 3 \cdot 2$

$$\boxed{v = 6\ m/s}$$

Notas: Frequentemente os alunos cometem o seguinte erro:

- Fazem: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{6\ m}{2\ s} \Rightarrow v = 3\ m/s$
- Depois, fazem: $\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{3 - 0}{2} \Rightarrow \alpha = 1{,}5\ m/s^2$ (errado)

  É preciso alertá-los de que Δv é igual a $(v_{final} - v_{inicial})$ e que aquela velocidade calculada no início não é a velocidade final, mas a velocidade média no intervalo de 2 s.

Respostas: a) 3 m/s²; b) 6 m/s

33.

a) $v_0 = 0$ e $v = 540\ km/h = 150\ m/s$

$v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 150 = \alpha \cdot 30 \Rightarrow \boxed{\alpha = 5\ m/s^2}$

b) $\Delta s = v_0\,t + \frac{\alpha}{2}\ t^2 = \frac{5}{2} \cdot 30^2 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 2\,250\ m}$

ou

MUV: $v_m = \frac{v + v_0}{2} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \frac{150 + 0}{2} = \frac{\Delta s}{30} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{\Delta s = 2\,250\ m}$

Respostas: a) 5 m/s²; b) 2 250 m

34.

a) $\Delta s_{avião} = v_{avião}\ \Delta t_{avião} = 800 \cdot 24\ km$

$\Delta s_{navio} = 2\Delta s_{avião} = 2 \cdot 800 \cdot 24\ km$

$$v_{m_{navio}} = \frac{\Delta s_{navio}}{\Delta t_{navio}} = \frac{2 \cdot 800 \cdot 24\ km}{50 \cdot 24h} \Rightarrow \boxed{v_{m_{navio}} = 32\ km/h}$$

b) $\Delta s = \frac{a_R}{2} t^2 \Rightarrow 800\,000 = \frac{10}{2} t^2 \Rightarrow t^2 = 16 \cdot 10^4$

$\boxed{t = 400\text{ s} = 6\text{ min e }40\text{ s}}$

Respostas: a) 32 km/h; b) 6 min e 40 s

35.

$v_0 = 108\text{ km/h} = 30\text{ m/s}$

$v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = 30 + \alpha \cdot 3 \Rightarrow \alpha = -10\text{ m/s}^2$

$\Delta s = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2 = 30 \cdot 3 + \frac{(-10)}{2} \cdot 3^2$

$\boxed{\Delta s = 45\text{ m}}$

Resposta: 45 m

36.

$t^2 - 13t + 40 = 0 \Rightarrow \boxed{t' = 5\text{ s}}$ e $\boxed{t'' = 8\text{ s}}$

Resposta: 5 s e 8 s

37.

a) $3t^2 - 12t + 20 = 0 \Rightarrow$ (não tem raízes reais)

b)
- $v = -12 + 6t$

  $0 = -12 + 6t \Rightarrow \boxed{t = 2\text{ s}}$
- $s = 20 - 12 \cdot 2 + 3 \cdot 2^2 \Rightarrow \boxed{s = 8\text{ m}}$

Respostas: a) O móvel não passa pela origem dos espaços.
b) 2 s e 8 m, respectivamente.

38.

a) $5\,t_e^2 - 4t_e = 4\,t_e^2 - 3$

$t_e^2 - 4t_e + 3 = 0 \Rightarrow \boxed{t' = 1\text{ s}}$ e $\boxed{t'' = 3\text{ s}}$

b) $s_A = 4 \cdot 1^2 - 3 \Rightarrow \boxed{s_A = s_B = 1\text{ m}}$

$s_A = 4 \cdot 3^2 - 3 \Rightarrow \boxed{s_A = s_B = 33\text{ m}}$

Respostas: a) 1 s e 3 s; b) 1 m e 33 m

39.

- $\Delta s = \frac{\alpha}{2} t^2 \Rightarrow 1 = \frac{\alpha}{2} \cdot 1^2 \Rightarrow \boxed{\alpha = 2\text{ m/s}^2}$
- $v = \alpha t = 2 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{v = 2\text{ m/s}}$

Resposta: a

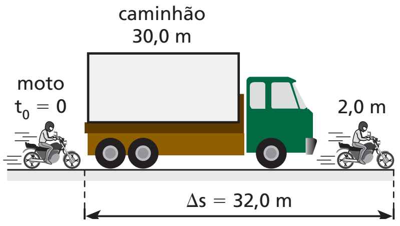
41.

- Tomando o caminhão como referencial, temos, para a moto:

$v_0 = 22{,}0\text{ m/s} - 10{,}0\text{ m/s} = 12{,}0\text{ m/s}$

$\alpha = 4{,}0\text{ m/s}^2$

$\Delta s = 32{,}0\text{ m}$



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

$32{,}0 = 12{,}0t + 2{,}0t^2 \Rightarrow \boxed{t = 2{,}0\text{ s}}$

- Em relação ao solo, temos:

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

$\Delta s = 22{,}0 \cdot 2{,}0 + 2{,}0 \cdot 2{,}0^2 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 52{,}0\text{ m}}$

Respostas: 2,0 s e 52,0 m

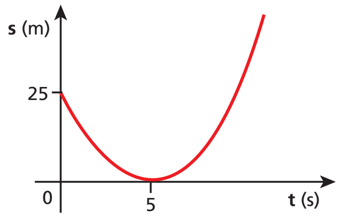
Página 69

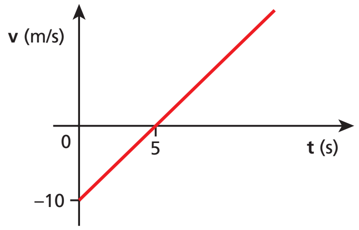
43.

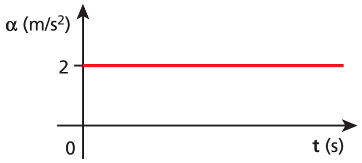
a) $v = -10 + 2t$

$0 = -10 + 2t \Rightarrow \boxed{t = 5\text{ s}}$

b)

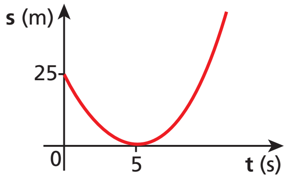


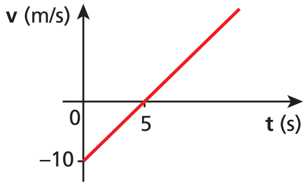


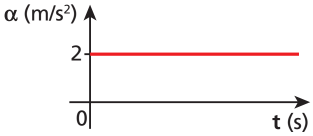


Respostas: a) 5 s

b)







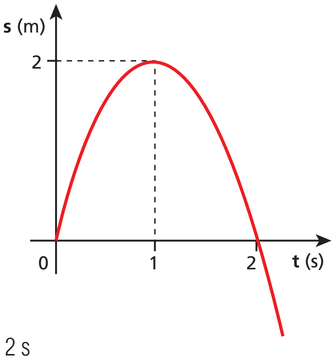
44.

a) $-2t^2 + 4t = 0 \Rightarrow \boxed{t' = 0}$ e $\boxed{t'' = 2\text{ s}}$

b) $v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = 4 - 4t \Rightarrow \boxed{t = 1\text{ s}}$

$s = 4 \cdot 1 - 2 \cdot 1^2 \Rightarrow \boxed{s = 2\text{ m}}$

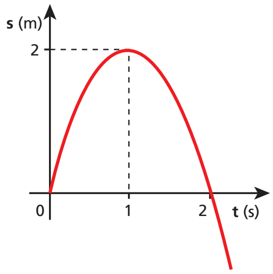
c)



Respostas: a) 0 e 2 s

b) 1 s e 2 m

c)



45. Resposta: d

46.

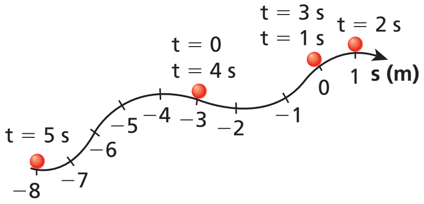
O movimento será uniforme se a grandeza representada no eixo das ordenadas for a posição (**s**) ou uniformemente variado se essa grandeza for a velocidade escalar (**v**).

Resposta: d

47.

Respostas:

a)



b) Retardado para $0 < t < 2$ s e acelarado para $t > 2$ s.

48.

De $t_0 = 0$ a $t = 2$ s, temos:

a) $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{9 - 5}{2 - 0} \Rightarrow v_m = 2$ m/s

$$v_m = \frac{v_0 + v_2}{2} \Rightarrow 2 = \frac{v_0 + 0}{2} \Rightarrow \boxed{v_0 = 4 \text{ m/s}}$$

b) $\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_0}{2 - 0} = \frac{0 - 4}{2 - 0} \Rightarrow \boxed{\alpha = -2 \text{ m/s}^2}$

Respostas: a) 4 m/s; b) -2 m/s^2

49.

De 0 a 2 s, temos:

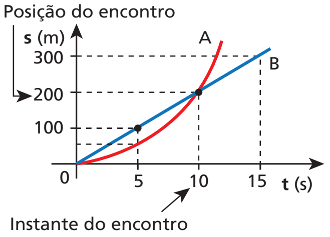
$$v_{m_B} = v_{m_A} \Rightarrow v_B = \frac{v_0 + v_2}{2} \Rightarrow 6 = \frac{0 + v_2}{2}$$

$$\boxed{v_2 = 12 \text{ m/s}}$$

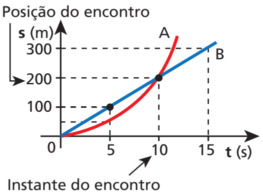
Resposta: 12 m/s

50.

- Em $t_e = 10$ s: $s_A = s_B = 10 \text{ s} \cdot 20 \text{ m/s} = 200$ m
- Para **B**, a função s × t é crescente, do primeiro grau em *t*, com $s_{0_B} = 0$.
- Para **A,** a função s × t também é crescente, com $s_{0_A} = 0$. É um arco de parábola com vértice em $t_0 = 0$, pois $v_{0_A} = 0$, apresentando concavidade voltada para cima, já que $\alpha_A > 0$.



Resposta:



51.

No início, em iguais intervalos de tempo, o nível da água sobe cada vez menos porque a área da seção transversal da taça vai aumentando. A partir do instante em que o nível da água atinge a seção transversal de área máxima, ele passa a subir cada vez mais, em iguais intervalos de tempo, porque a área da seção transversal passa a diminuir.

Resposta: a

Página 72

53.

$v_0 = 0$; $v = 6 \cdot 10^6$ m/s; $\Delta s = 1{,}8 \cdot 10^{-2}$

Aplicando-se a equação de Torricelli, temos:

$$v^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s$$

$$36 \cdot 10^{12} = 2\alpha \cdot 1{,}8 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{\alpha = 1 \cdot 10^{15} \text{ m/s}^2}$$

Resposta: $1 \cdot 10^{15}$ m/s^2

54.

a) $v^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s$

$v^2 = 2 \cdot 440 \cdot 19{,}8 = 17\,424 \Rightarrow \boxed{v = 132 \text{ m/s}}$

b) $v = v_0 + \alpha t$

$132 = 440t \Rightarrow \boxed{t = 0{,}3 \text{ s}}$

Respostas: a) 132 m/s; b) 0,3 s

55.

$v^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s \Rightarrow 20^2 = 10^2 + 2\alpha \cdot 10$

$$\boxed{\alpha = 15 \text{ m/s}^2}$$

Resposta: 15 m/s^2

56.

$v^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s \Rightarrow 0^2 = 30^2 + 2\alpha \cdot 100$

$\alpha = -4{,}5$ m/s^2

Resposta: $-4{,}5$ m/s^2

57.

- $v^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s \Rightarrow 0^2 = 20^2 + 2(-5)\Delta s$

$\boxed{\Delta s = 40\text{ m}}$

- $v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = 20 - 5t \Rightarrow \boxed{t = 4\text{ s}}$

Resposta: 40 m e 4 s, respectivamente.

58.

Supondo constante a aceleração escalar do carro durante a freada, temos:

$v = v_0 + \alpha t$

$0 = 30 + \alpha \cdot 6 \Rightarrow \alpha = -5\text{ m/s}^2$

$v^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s$

$10^2 = 30^2 + 2 \cdot (-5)\,\Delta s \Rightarrow \boxed{\Delta s = 80\text{ m}}$

Resposta: c

59.

$v = 10\text{ m/s};\ \Delta s = 50\text{ m};\ \alpha = -8\text{ m/s}^2$

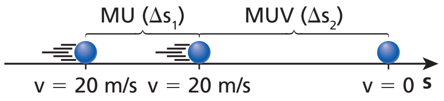
$v^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s$

$10^2 = v_0^2 + 2\,(-8)\,50 \Rightarrow v_0 = 30\text{ m/s}$

$\boxed{v_0 = 108\text{ km/h}}$

Resposta: 108 km/h

60.



$\Delta t = 0{,}7\text{ s}$

$\Delta s_1 = ?$

$\alpha = -5\text{ m/s}^2$

$\Delta s_2 = ?$

$\Delta s_1 = v \cdot \Delta t = 20 \cdot 0{,}7 \Rightarrow \Delta s_1 = 14\text{ m}$

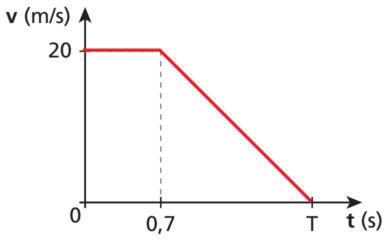
$v^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s \Rightarrow 0^2 = 20^2 + 2 \cdot (-5)\,\Delta s_2 \Rightarrow \Delta s_2 = 40\text{ m}$

$\Delta s_{total} = \Delta s_1 + \Delta s_2 \Rightarrow \boxed{\Delta s_{total} = 54\text{ m}}$

Resposta: 54 m

61.

a)

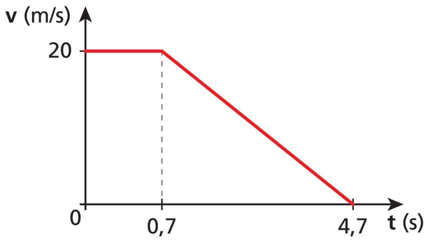


$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -5 = \frac{0 - 20}{T - 0{,}7} \Rightarrow \boxed{T = 4{,}7\text{ s}}$

b) $\Delta s_{total} = \frac{(4{,}7 + 0{,}7)}{2} \cdot 20 \Rightarrow \boxed{\Delta s_{total} = 54\text{ m}}$

Respostas:

a)



b) 54 m

62.

- $v^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s \Rightarrow 0^2 = v_0^2 + 2\alpha\,\Delta s \Rightarrow \Delta s = \frac{-v_0^2}{2\alpha}$
- Dobrando v_0, de 40 km/h para 80 km/h, Δs quadruplica.

Portanto, a distância percorrida será 4 · 8 m, ou seja, 32 m.

Resposta: d

63.

- $\Delta s = \frac{\alpha t^2}{2} \Rightarrow 100 = \frac{\alpha \cdot 10{,}0^2}{2} \Rightarrow \alpha = 2{,}0\text{ m/s}^2$
- $v^2 = 2\alpha s = 4{,}0\text{ s}$: o gráfico de **v** em função de **s** tem o aspecto daqueles das alternativas **a** e **d**.
- Para $s = 100$ m: $v^2 = 4{,}0 \cdot 100 \Rightarrow v = 20\text{ m/s}$

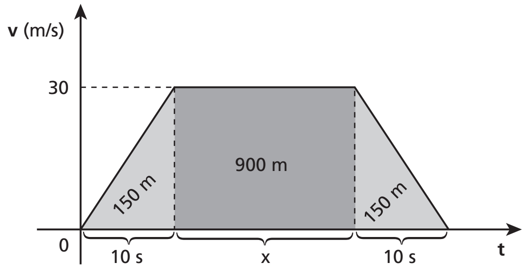
Resposta: a

64.

Não havendo escorregamento do pneu, as marcas deixadas no chão sempre estarão igualmente espaçadas, independentemente do tipo de movimento desse carro. Assim, não se pode concluir nada.

Resposta: e

65.



$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow 3 = \frac{30}{\Delta t}$

$\Delta t = 10\text{ s}$

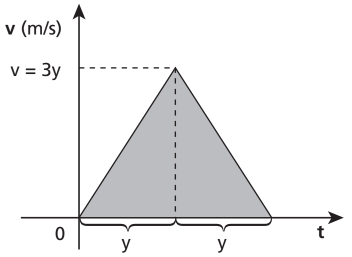
"área" $= \Delta s = 1200\text{ m}$

$30\,x = 900 \Rightarrow x = 30\text{ s}$

$\Delta t_{mín} = 10\text{ s} + 30\text{ s} + 10\text{ s} \Rightarrow \boxed{\Delta t_{mín} = 50\text{ s}}$

Resposta: 50 s

66.



$$3 = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow 3 = \frac{v}{y}$$

$v = 3y$

$$\frac{(2y) \cdot (3y)}{2} = 1200 \Rightarrow 3y^2 = 1200$$

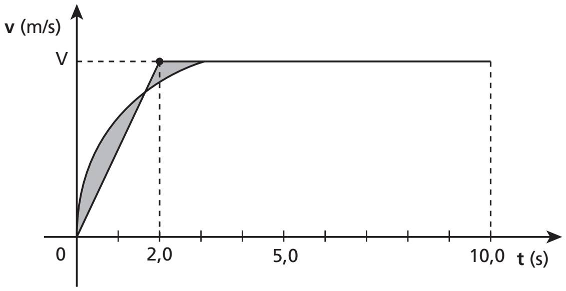
$y = 20\ s$

$\Delta t_{mín} = y + y \Rightarrow \boxed{\Delta t_{mín} = 40\ s}$

Resposta: 40 s

67.

Façamos uma aproximação utilizando dois segmentos de reta, de modo que se mantenha quase a mesma "área" do gráfico original:



$$\Delta s = \text{"área"} \Rightarrow 100 = \frac{(10{,}0 + 8{,}0)}{2} \cdot V$$

$v \cong 11\ m/s$

Resposta: 11 m/s

68.

Vértice do arco de parábola no eixo **s** $\Rightarrow v_0 = 0$.

Usando $s = s_0 + v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2$, temos:

Para t = 1 s, s = 48 m: $48 = s_0 + \frac{\alpha}{2} \cdot 1^2$

$2s_0 + \alpha = 96$ (I)

Para t = 2 s, s = 57 m: $57 = s_0 + \frac{\alpha}{2} \cdot 2^2$

$s_0 + 2\alpha = 57$ (II)

De (I) e (II), obtemos:

$\boxed{s_0 = 45\ m}$ e $\boxed{\alpha = 6\ m/s^2}$

Como $v = v_0 + \alpha t$:

$v_3 = 0 + 6 \cdot 3 \Rightarrow \boxed{v_3 = 18\ m/s}$

Resposta: a) 45 m; b) 6 m/s²; c) 18 m/s

69.

a) De **B** a **C** o movimento é uniforme:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{16 - 10}{7 - 5} \Rightarrow v = v_B = v_C = 3\ m/s$$

- $v_B = v_A + \alpha t \Rightarrow 3 = 0 + \alpha \cdot 5 \Rightarrow \alpha = 0{,}6\ m/s^2$
- $v_B^2 = v_A^2 + 2\alpha \Delta s \Rightarrow 3^2 = 0^2 + 2 \cdot 0{,}6\,(10 - s_0)$

$\boxed{s_0 = 2{,}5\ m}$

b) $v_D = v_C + \alpha' t$

$0 = 3 + \alpha' \cdot 3 \Rightarrow \boxed{' = -1\ m/s^2}$

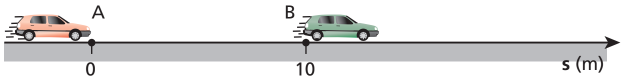
c) $v_D^2 = v_C^2 + 2\alpha' \Delta s$

$0^2 = 3^2 + 2 \cdot (-1) \cdot (s_{10} - 16) \Rightarrow \boxed{s_{10} = 20{,}5\ m}$

Respostas: a) 2,5 m; b) –1 m/s²; c) 20,5 m

70.

a) $v_A = 30\ m/s$ e $v_B = 20\ m/s$



$$\left.\begin{aligned} s_A &= 30t - \frac{5t^2}{2} \\ s_B &= 10 + 20t \end{aligned}\right\} \Rightarrow 30t_e - \frac{5t_e^{\ 2}}{2} = 10 + 20t_e \Rightarrow t_e = 2\ s$$

$$s_A = 30 \cdot 2 - \frac{5 \cdot 2^2}{2} \Rightarrow \boxed{s_A = 50\ m}$$

b) $v_A = 25\ m/s$

$$\left.\begin{aligned} s_A &= 25t - \frac{5t^2}{2} \\ s_B &= 10 + 20t \end{aligned}\right\} \Rightarrow 25t_e - \frac{5t_e^{\ 2}}{2} = 10 + 20t_e \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 5t_e^{\ 2} - 10t_e + 20 = 0$$

$\Delta < 0 \Rightarrow \boxed{\text{Não haverá colisão.}}$

Respostas: a) 50 m; b) Não haverá colisão.

71.

$v = 0$ em $s = 0$

$v^2 = v_0^2 + 2\,\alpha\,\Delta s \Rightarrow 100 = 2 \cdot \alpha \cdot 10 \Rightarrow \boxed{\alpha = 5\ m/s^2}$

Resposta: 5 m/s²

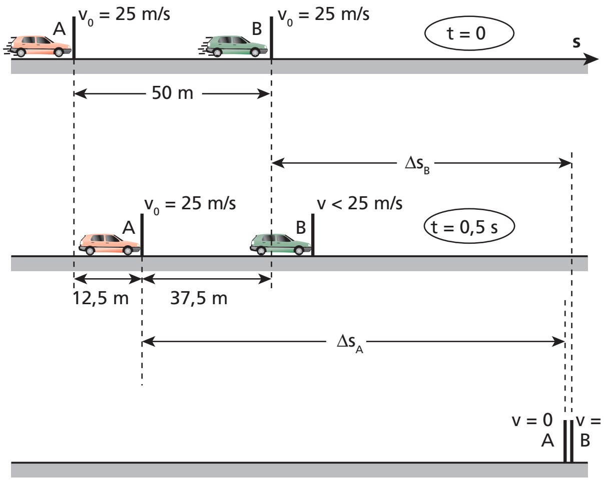
72.

a) 90 km/h = 25 m/s

distância = v t = 25 · 2 ⇒ $\boxed{\text{distância} = 50\ m}$

b)
- No instante t = 0, **B** começa a frear.
- Em t = 0,50 s, após percorrer 12,5 m ($\Delta s = v_0 t = 25\ m/s \cdot 0{,}5\ s = 12{,}5\ m$), **A** passa a frear seu veículo.
- Algum tempo depois, **B** para.

No caso crítico, para não haver colisão, **A** deve parar "colado" em **B**:



Cálculo de Δs_B: $v^2 = v_0^2 + 2\,\alpha_B\,\Delta s_B$

$0^2 = 25^2 + 2 \cdot (-5) \cdot \Delta s_B$

$\Delta s_B = 62{,}5\ m$

Cálculo de $|\alpha_A|$ mínimo:

Para parar, **A** não precisa frear tanto quanto **B**, já que **A** dispõe de uma distância maior para fazer isso. De fato, de t = 0,50 s até parar:

$\Delta s_A = 37{,}5\ m + \Delta s_B = 37{,}5\ m + 62{,}5\ m$

$\Delta s_A = 100\ m$

$v^2 = v_0^2 + 2\,\alpha_A\,\Delta s_A$

$0^2 = 25^2 + 2\,\alpha_A\ 100 \;\Rightarrow\; \alpha_A = -\,3{,}125\ \text{m/s}^2$

$\boxed{|\alpha_A|_{\text{mín}} = 3{,}125\ \text{m/s}^2}$

Nota:

- **A** e **B** não param no mesmo instante.

  Vamos determinar, em relação à origem de tempo ($t = 0$) usada na resolução, os instantes em que **A** e **B** param.

  B: $v = v_0 + \alpha_B\, t$

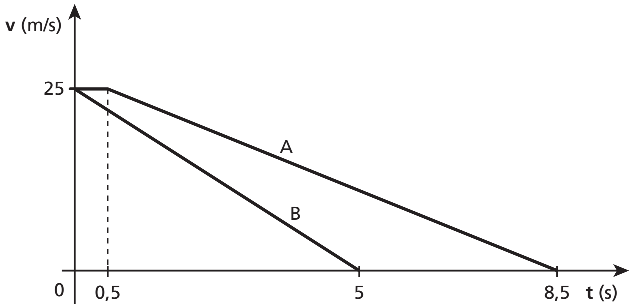
  $0 = 25 - 5\ t_{P_B} \;\Rightarrow\; \boxed{t_{P_B} = 5{,}0\ \text{s}}$

  A: $v = v_0 + \alpha_A\, t'$

  $0 = 25 - 3{,}125\ t'_{P_A} \;\Rightarrow\; \boxed{t'_{P_A} = 8{,}0\ \text{s}}$

  Como **A** começou a frear em $t = 0{,}50$ s:

  $\boxed{t_{P_A} = 8{,}5\ \text{s}}$



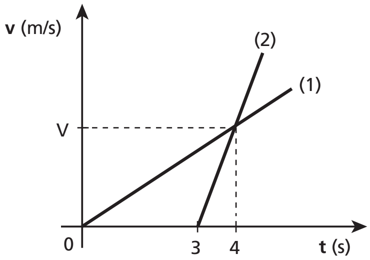
Calculando as "áreas" nesses gráficos, podemos conferir os deslocamentos de **A** e **B** desde $t = 0$ até o instante em que param:

$$\Delta s_{B_{\text{total}}} = \frac{5 \cdot 25}{2} \;\Rightarrow\; \boxed{\Delta s_{B_{\text{total}}} = 62{,}5\ \text{m}}$$

$$\Delta s_{A_{\text{total}}} = \frac{(8{,}5 + 0{,}5) \cdot 25}{2} \;\Rightarrow\; \boxed{\Delta s_{A_{\text{total}}} = 112{,}5\ \text{m}}$$

Respostas: a) 50 m; b) 3,125 m/s²

73.



$s_{0_1} = s_{0_2} = 0$

$v_{0_1} = v_{0_2} = 0$

$$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t}\begin{cases}\alpha_1 = \dfrac{v - 0}{4 - 0} = \dfrac{v}{4}\\[2ex] \alpha_2 = \dfrac{v - 0}{4 - 3} = v\end{cases}$$

Tempo de movimento do móvel 1

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{\alpha t^2}{2}\begin{cases} s_1 = \dfrac{v\, t^2}{4 \cdot 2}\\[2ex] s_2 = \dfrac{v\,(\overbrace{t - 3})^2}{2}\end{cases}$$

Tempo de movimento do móvel 2

$$s_2 = s_1 : \frac{v(t - 3)^2}{2} = \frac{v\, t^2}{8} \;\Rightarrow\; \boxed{t = 6\ \text{s}}$$

Nota: A raiz $t = 2$ s não convém porque nesse instante o móvel 2 ainda não tinha partido.

Resposta: 6 s

74.

$S = 4\,t^2$ .... MUV $\qquad S' = v\,(t - 1)$ .... MU

No encontro: $S = S'$

$4\,t_e^2 = v\,(t_e - 1) \;\Rightarrow\; 4\,t_e^2 - v\,t_e + v = 0$

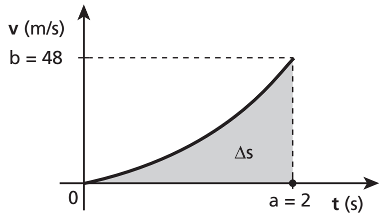
$$t_e = \frac{v \pm \sqrt{v^2 - 16\,v}}{8}$$

Para t_e existir, devemos impor:

$v^2 - 16\,v \geqslant 0 \;\Rightarrow\; v \geqslant 16\ \text{m/s} \;\Rightarrow\; \boxed{v_{\text{mín}} = 16\ \text{m/s}}$

Resposta: 16 m/s

75.

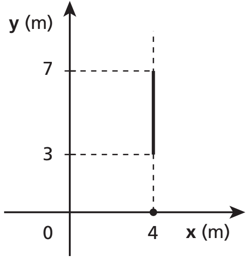


$$\Delta s = \frac{a\ b}{n + 1} = \frac{2 \cdot 48}{4 + 1} = \frac{96}{5} \;\Rightarrow\; \boxed{s = 19{,}2\ \text{m}}$$

Resposta: 19,2 m

76.

a) Como **x** é constante e igual a 4 m e **y** varia entre 3 m e 7 m, a trajetória descrita no plano Oxy é o segmento de reta traçado na figura:



Portanto, o comprimento da trajetória é 4 m.

b) Nula.

c) Duas vezes: em $t = 2{,}5$ s e em $t = 7{,}5$ s

Respostas: a) 4 m; b) Nula; c) Duas.

77.

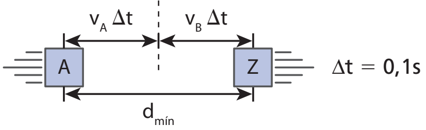
a) Como **A** e **Z** partem do repouso ($v_0 = 0$ em $t = 0$) e com acelerações de mesmo módulo, irão se encontrar a 6 m (metade de 12 m) do ponto de partida de cada um.

Para **A** temos:

$\Delta s = \dfrac{\alpha}{2}\ t^2 \;\Rightarrow\; 6 = \dfrac{3}{2}\ t^2 \;\Rightarrow\; t^2 = 4$

Como $t > 0$: $\boxed{t = 2{,}0\ \text{s}}$

b) A distância mínima entre **A** e **Z**, no momento do lançamento, é aquela para a qual **A** e **Z**, ambos a 6 m/s (em módulo), se encontrarão após 0,1 s, tempo que o árbitro demora para observar os dois jogadores depois de a bola ter sido lançada:



$d_{\text{mín}} = v_A\,\Delta t + v_B\,\Delta t = 6{,}0 \cdot 0{,}1 + 6{,}0 \cdot 0{,}1$

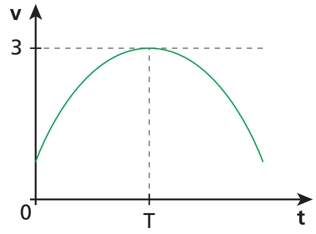
$\boxed{d_{\text{mín}} = 1{,}2\ \text{m}}$

Respostas: a) 2,0 s; b) 1,2 m

78.

O enunciado informou que a aceleração escalar é nula em determinado instante. Portanto, não sabemos se ela também é nula nos demais instantes. Por isso, a alternativa correta é **e**.

Exemplo:



Nesse movimento variado não uniformemente, a aceleração escalar é nula apenas no instante **T**.

Resposta: e

79.

Entre t_1 e t_2, Δx e Δt são iguais para **A** e **B**.

Portanto: $v_{m_A} = v_{m_B}$.

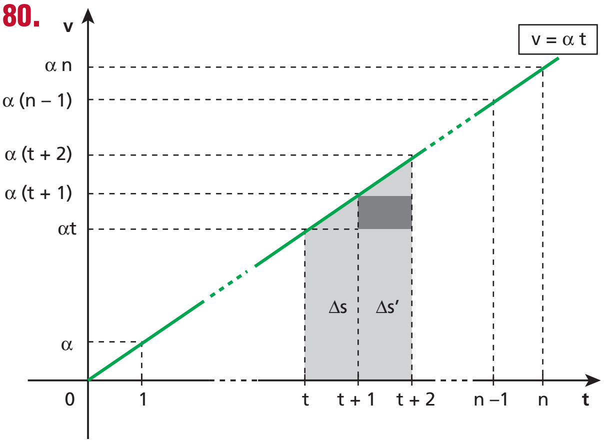
Lembrando que, em um MUV, v_m é a média aritmética das velocidades inicial e final, temos:

$$v_{m_A} = v_{m_B} \Rightarrow \frac{v_A + v_A'}{2} = \frac{v_B + v_B'}{2} \Rightarrow v_A - v_B = -(v_A' - v_B')$$

Então: $\boxed{\frac{v_A - v_B}{v_A' - v_B'} = -1}$

Resposta: -1

80.



a) Seja **t** um instante qualquer.
A diferença entre Δs' e Δs é igual à "área" do retângulo destacado em cinza mais escuro:

$$\Delta s' - \Delta s = \underbrace{[(t+2)-(t+1)]}_{\text{base}} \cdot \underbrace{[\alpha(t+1) - \alpha t]}_{\text{altura}}$$

$\boxed{\Delta s' - \Delta s = \alpha}$

b) Na **n**-ésima unidade de tempo:

$$\Delta s_n = \frac{\alpha(n-1) + \alpha n}{2} \cdot 1 \Rightarrow \Delta s_n = \alpha n - \frac{\alpha}{2}$$

$$\boxed{\Delta s_n = (2n-1)\frac{\alpha}{2}}$$

Na primeira unidade de tempo: $\Delta s_1 = \frac{1 \cdot \alpha}{2} = \frac{\alpha}{2}$

Como 2n é par, temos que (2n – 1) é ímpar:

Portanto: $\boxed{\Delta s_n \text{ é um múltiplo ímpar de } \Delta s_1.}$

Respostas: a) Demonstração; b) Δs_n é um mútiplo ímpar de Δs_1.

81.

$AC = 6t \Rightarrow t = \frac{AC}{6}$ (I); $BC = \frac{0,8}{2}\,t^2 = 0,4\,t^2$ (II)

(I) em (II):

$BC = 0,4\,\frac{AC^2}{6^2} \Rightarrow BC = \frac{AC^2}{90}$ (III)

$\cos\alpha = \frac{AB}{BC} = \frac{60}{BC} \Rightarrow BC = \frac{60}{\cos\alpha}$ (IV)

$\text{tg}\,\alpha = \frac{AC}{AB} = \frac{AC}{60} \Rightarrow AC = 60\,\text{tg}\,\alpha$ (V)

(IV) e (V) em (III):

$$\frac{60}{\cos\alpha} = \frac{60^2\text{tg}^2\alpha}{90} \Rightarrow \frac{1}{\cos\alpha} = \frac{2\,\text{tg}^2\alpha}{3} \Rightarrow$$

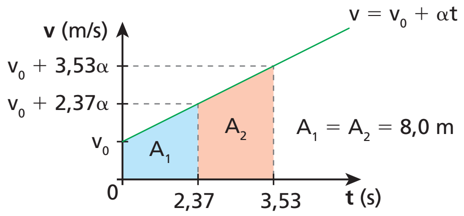
$$\Rightarrow \frac{1}{\cos\alpha} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\text{sen}^2\alpha}{\cos^2\alpha} \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{1 - \cos^2\alpha}{\cos^2\alpha} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2\cos^2\alpha + 3\cos\alpha - 2 = 0 \Rightarrow \cos\alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\alpha = 60°}$$

Resposta: 60°

82.

a)



$$A_1 = \frac{(v_0 + 2,37\alpha) + v_0}{2} \cdot 2,37 = 8,0 \Rightarrow 2v_0 + 2,37\,\alpha = 6,75 \quad \text{(I)}$$

$$A_2 = \frac{(v_0 + 3,53\,\alpha) + (v_0 + 2,37\,\alpha)}{2} \cdot (3,53 - 2,37) = 8,0 \Rightarrow$$

$\Rightarrow 2\,v_0 + 5,9\,\alpha = 13,79$ (II)

Fazendo (II) – (I): $3,53\,\alpha = 7,04 \Rightarrow \alpha = 2,0$ m/s² e $v_0 = 1,0$ m/s

Finalmente, temos: $v = v_0 + \alpha\,t \Rightarrow \boxed{v = 1,0 + 2,0t \text{ (SI)}}$

b) Vamos determinar, em relação a t = 0, o instante t_p correspondente à partida do trem (v = 0): $0 = 1,0 + 2,0\,t_p \Rightarrow t_p = -0,5$ s
Portanto, o trem ficou parado na estação desde o instante –10,5 s até –0,5 s e João deveria ter chegado a ela em algum instante dentro do intervalo: $\boxed{-10,5 \text{ s} \le t \le -0,5 \text{ s}}$

Respostas: a) v = 1,0 + 2,0t (SI); b) –10,5 s ≤ t ≤ –0,5 s

83.

Com **a**, **b** e **c** constantes, **G** é função de segundo grau em **t**:
$G = at^2 + bt + c$, com $a \neq 0$

- Em t = 0: $G = 0 \Rightarrow c = 0$
- Como $t_{\text{vértice}} = 0$: $t_{\text{vértice}} = -\frac{b}{2a} = 0 \Rightarrow b = 0$
  Portanto: $G = at^2$
- Em t = 2s, G = 180 (SI): $180 = a \cdot 2^2 \Rightarrow a = 45$ (SI)
  Então: $G = 45t^2$ (SI)
  Como $G = 5\,v^2$, temos: $5v^2 = 45t^2 \Rightarrow v = 3t$ (SI)... MUV
  Em t = 4 s: $v_4 = 3 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{v_4 = 12 \text{ m/s}}$

Resposta: 12 m/s

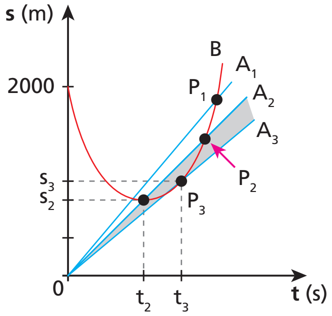
84.

Adotando a origem dos espaços na posição inicial de **A** (t = 0) e orientando a trajetória para a direita, temos:

$s_A = v_A t$ (MU)

$s_B = 2000 - 32\,t + 0{,}2\,t^2$ (MUV)

O gráfico $s_A \times t$ é um segmento de reta e, para haver **duas** ultrapassagens, com **A** e **B** no mesmo sentido, o gráfico $s_B \times t$, que é um arco de parábola, tem que ser do tipo desenhado na figura a seguir, sem interceptar o eixo **t**, nem tangenciá-lo:



Os gráficos $s_A \times t$ dos tipos A_1, A_2 e A_3 não servem porque **A** só ultrapassa **B** uma vez, com **A** e **B** no mesmo sentido (veja os pontos P_1, P_2 e P_3).

Então o gráfico $s_A \times t$ precisa estar dentro da região sombreada, limitada pela reta A_2, que passa pelo vértice da parábola, e pela reta A_3, que tangencia a parábola.

- $t_2 = t_{\text{vértice}} = -\dfrac{b}{2a} = -\dfrac{-32}{2 \cdot 0{,}2} \Rightarrow t_2 = 80$ s

  $s_2 = 2\,000 - 32 \cdot 80 + 0{,}2 \cdot 80^2 \Rightarrow s_2 = 720$ m

  $v_{A_2} = \dfrac{s_2}{t_2} = \dfrac{720}{80} \Rightarrow v_{A_2} = 9$ m/s: $\boxed{v_A \text{ deve ser menor que 9 m/s.}}$

- Em t_3:

  $v_{A_3} = v_B = -32 + 0{,}4\,t_3$

  $s_A = s_B \Rightarrow (-32 + 0{,}4\,t_3)\,t_3 = 2\,000 - 32\,t_3 + 0{,}2\,t_3^2 \Rightarrow$
  $\Rightarrow t_3 = 100$ s

  $s_3 = 2\,000 - 32 \cdot 100 + 0{,}2 \cdot 100^2 \Rightarrow s_3 = 800$ m

  $v_{A_3} = \dfrac{s_3}{t_3} = \dfrac{800}{100} \Rightarrow v_{A_3} = 8$ m/s: $\boxed{v_A \text{ deve ser maior que 8 m/s.}}$

Resposta: 8 m/s $< v_A <$ 9 m/s

Página 76

85.

a) $s = t^2 - 2t \Rightarrow v = -2 + 2t$

Em t = 2 s: $v = -2 + 2 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{v = 2 \text{ m/s}}$

b) Usando o triângulo retângulo destacado na figura, temos, em t = 2 s:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{3 - 0}{3{,}5 - 2} \Rightarrow \boxed{v = 2 \text{ m/s}}$$

Respostas: a) 2 m/s; b) 2 m/s

86.

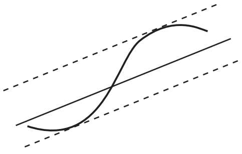
O “coeficiente angular” da reta tangente à curva em cada instante fornece a velocidade escalar nesse instante. Portanto:

- $v_R > 0$, $v_P > 0$, $v_Q = 0$ e $v_R < v_P$
- $\boxed{v_Q < v_R < v_P}$

Resposta: c

87.

O móvel **B** tem velocidade escalar igual à de **A** no instante em que a reta tangente ao gráfico de **B** for paralela ao gráfico de **A**. Isso ocorre duas vezes.



Resposta: e

88.

Comparando as “áreas” de 0 a 2 s, concluímos que:

$$\boxed{x_1 > x_2}$$

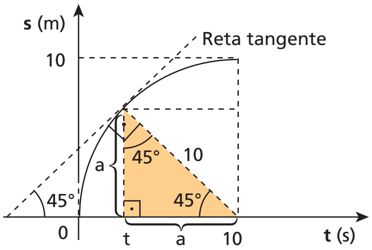
Em t = 2 s, o “coeficiente angular” da reta tangente ao gráfico de **B** é maior que em **A**.

Então: $\boxed{a_2 > a_1}$

Resposta: $x_1 > x_2$ e $a_2 > a_1$

89.

Como a unidade de tempo e a de espaço foram representadas por segmentos de mesmo comprimento, o instante em que **v** é igual a 1 m/s é aquele em que a reta tangente à curva forma 45º com o eixo **t**:



No triângulo retângulo destacado, temos:

$10^2 = a^2 + a^2 \Rightarrow a = 5\sqrt{2}$ s

Então: $t = 10 - a = 10 - 5\sqrt{2} \Rightarrow \boxed{t \cong 3 \text{ s}}$

Resposta: 3 s

Tópico 4 – Movimentos circulares

Página 80

1.

a) Ângulo de uma volta: $\theta = \dfrac{\ell}{R} = \dfrac{2\,\pi\,R}{R} = 2\pi$ rad $= 360° \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{360° = 2\,\pi \text{ rad}}$

b) $180° = \dfrac{360°}{2} = \dfrac{2\,\pi \text{ rad}}{2} \Rightarrow \boxed{180° = \pi \text{ rad}}$

c) $90° = \dfrac{360°}{4} = \dfrac{2\,\pi \text{ rad}}{4} \Rightarrow \boxed{90° = \dfrac{\pi}{2} \text{ rad}}$

d) $60° = \dfrac{360°}{6} = \dfrac{2\,\pi \text{ rad}}{6} \Rightarrow \boxed{60° = \dfrac{\pi}{3} \text{ rad}}$

e) $30° = \dfrac{360°}{12} = \dfrac{2\,\pi \text{ rad}}{12} \Rightarrow \boxed{30° = \dfrac{\pi}{6} \text{ rad}}$

Respostas: a) $2\,\pi$ rad; b) π rad; c) $\dfrac{\pi}{2}$ rad; d) $\dfrac{\pi}{3}$ rad; e) $\dfrac{\pi}{6}$ rad

3.

$v = \omega R = 0{,}1 \cdot 200 \Rightarrow v = 20\text{ m/s} \Rightarrow \boxed{v = 72\text{ km/h}}$

Resposta: 72 km/h

4.

$v = 5\text{ m/s}$

$\Delta s = v\,\Delta t = 5 \cdot 72 \Rightarrow \Delta s = 360\text{ m}$

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta s}{R} = \frac{360}{200} \Rightarrow \boxed{\Delta\varphi = 1{,}8\text{ rad}}$$

Resposta: 1,8 rad

5.

$v = \omega R \Rightarrow \omega_{AB}R_1 = \omega_{BC}R_2 = \omega_{CD}R_3$

Como $R_1 > R_2 > R_3$: $\boxed{\omega_{AB} < \omega_{BC} < \omega_{CD}}$

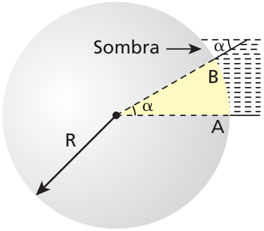
Resposta: $\omega_{AB} < \omega_{BC} < \omega_{CD}$

6.

Como um ângulo central e o comprimento do arco que ele “enxerga” são proporcionais, temos:

$$\frac{\alpha}{AB} = \frac{360°}{2\pi R} \Rightarrow \frac{20°}{10\text{ cm}} = \frac{360°}{2 \cdot 3 \cdot R}$$

$\boxed{R = 30\text{ cm}}$



Resposta: 30 cm

7.

- $R = 150 \cdot 10^6\text{ km}$
- $\Delta s = 2\,\pi\,R \cong 2 \cdot 3 \cdot 150 \cdot 10^6\text{ km} \Rightarrow \Delta s \cong 9 \cdot 10^8\text{ km}$
- $\Delta t = 1\text{ ano} = 365 \cdot 86\,400\text{ s} \Rightarrow \Delta t \cong 3 \cdot 10^7\text{ s}$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \cong \frac{9 \cdot 10^8\text{ km}}{3 \cdot 10^7\text{ s}} \Rightarrow \boxed{v_m \cong 30\text{ km/s}}$$

Resposta: b

9.

a)
- $\omega_A = \omega_B$
- $\omega_B = \dfrac{v_B}{R_B} = \dfrac{10\text{ m/s}}{1\text{ m}} \Rightarrow \boxed{\omega_A = \omega_B = 10\text{ rad/s}}$

b) $v_A = \omega_A\,R_A = 10\text{ rad/s} \cdot 0{,}50\text{ m} \Rightarrow \boxed{v_A = 5{,}0\text{ m/s}}$

Respostas: a) 10 rad/s e 10 rad/s; b) 5,0 m/s

Página 86

10.

Respostas: a) 60 s; b) 1 h; c) 12 h

11.

$$\frac{360°}{60\text{ min}} = \frac{\theta}{10\text{ min}} \Rightarrow \boxed{\theta = 60° = \frac{\pi}{3}\text{ rad}}$$

Resposta: $\theta = 60° = \dfrac{\pi}{3}$ rad

12.

- $f = \dfrac{n}{\Delta t} = \dfrac{20}{10} \Rightarrow \boxed{f = 2\text{ Hz}}$
- $T = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{2} \Rightarrow \boxed{T = 0{,}5\text{ s}}$

Resposta: 2 Hz e 0,5 s respectivamente.

13.

- $f = \dfrac{3000\text{ rot}}{60\text{ s}} = 50\text{ Hz}$
- $T = \dfrac{1}{f} = \dfrac{1}{50} \Rightarrow \boxed{T = 0{,}02\text{ s}}$

Resposta: 0,02 s

14.

- $T = 24\text{ h}$
- $\omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{2\pi}{24} \Rightarrow \boxed{\omega = \dfrac{\pi}{12}\text{ rad/h}}$

Resposta: $\dfrac{\pi}{12}$ rad/h

16.

- $T = 60\text{ s e }R = 1{,}2\text{ m}$
- $v = \omega R = \dfrac{2\pi R}{T} = \dfrac{2 \cdot 3 \cdot 1{,}2}{60} \Rightarrow \boxed{v = 0{,}12\text{ m/s}}$

Resposta: 0,12 m/s

17.

- $\boxed{T_A = T_B}$; $\boxed{f_A = f_B}$; $\boxed{\omega_A = \omega_B}$
- $\left.\begin{array}{l} v_A = \omega_A\,d \\ v_B = \omega_B\,2d \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{v_B = 2v_A}$

Resposta: $T_A = T_B$; $f_A = f_B$; $\omega_A = \omega_B$; $v_B = 2v_A$.

18.

a) $v_A = v_B \Rightarrow f_AR_A = f_BR_B \Rightarrow 60\text{ rpm} \cdot 5\text{ cm} = f_B \cdot 20\text{ cm} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{f_B = 15\text{ rpm}}$

b) Usando um ponto da correia em contato com a polia **A**, por exemplo, temos:

$$v_A = \omega_AR_A = 2\pi f_AR_A = 2 \cdot 3{,}1 \cdot \frac{60}{60}\text{ Hz} \cdot 5\text{ cm} \Rightarrow \boxed{v_A = 31\text{ cm/s}}$$

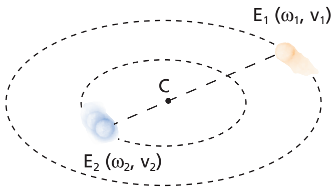
Respostas: a) 15 rpm; b) 31 cm/s

19.

$v_A = v_B \Rightarrow f_AR_A = f_BR_B \Rightarrow 1200 \cdot 20 = f_B \cdot 60 \Rightarrow \boxed{f_B = 400\text{ Hz}}$

Resposta: 400 Hz

20.



a) $T_1 = T_2 \Rightarrow \omega_1 = \omega_2 \Rightarrow \boxed{\dfrac{\omega_1}{\omega_2} = 1}$

b) $\dfrac{v_1}{v_2} = \dfrac{\omega_1\,r_1}{\omega_2\,r_2} = \dfrac{r_1}{r_2} \Rightarrow \boxed{\dfrac{v_1}{v_2} = \dfrac{r_1}{r_2}}$

Respostas: a) 1; b) $\dfrac{r_1}{r_2}$

21.

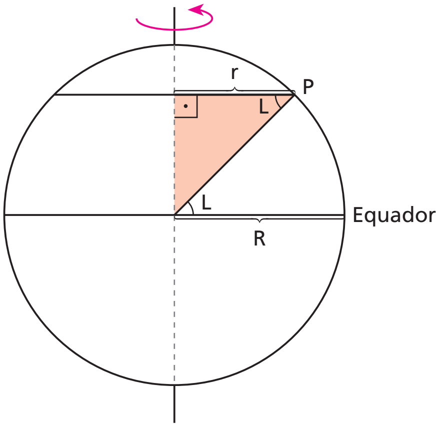
Em $\Delta t = 24$ h, um ponto do Equador terrestre percorre aproximadamente $\Delta s = 40\,000$ km em torno do eixo de rotação, com velocidade escalar **v**.
Em $\Delta t' = 1{,}5$ h (90 min), Macapá percorre $\Delta s'$, com velocidade escalar **v**:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta s'}{\Delta t'} \Rightarrow \frac{40\,000}{24} = \frac{\Delta s'}{1{,}5} \Rightarrow \boxed{\Delta s' = 2\,500 \text{ km}}$$

Resposta: d

22.

a) Considere um ponto **P** qualquer da superfície terrestre, em uma latitude **L**:



Esse ponto descreve uma circunferência de raio **r** em relação ao eixo da Terra. Sua velocidade escalar angular (ω) é dada por:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{(I)}$$

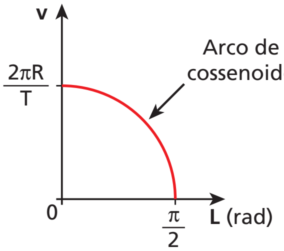
Do triângulo destacado, temos:

$$\cos L = \frac{r}{R} \Rightarrow r = R \cos L \quad \text{(II)}$$

A velocidade escalar linear de **P** é dada por: $v = \omega\, r$ (III)
Substituindo as expressões (I) e (II) em (III), obtemos:

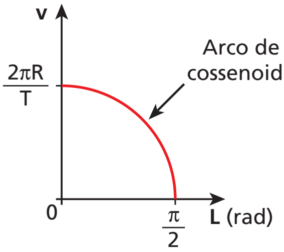
$$\boxed{v = \frac{2\,\pi\, R \cos L}{T}}$$

b)



Respostas: a) $v = \dfrac{2\,\pi\, R \cos L}{T}$

b)



23.

Os pontos da correia e os pontos da periferia das rodas **A** e **B** têm velocidades escalares lineares iguais:

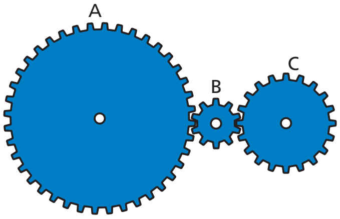
$$v_A = v_B \Rightarrow 2\pi f_A R_A = 2\pi f_B R_B \Rightarrow f_A D_A = f_B D_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{n_A}{\Delta t} \cdot D_A = \frac{n_B}{\Delta t} \cdot D_B$$

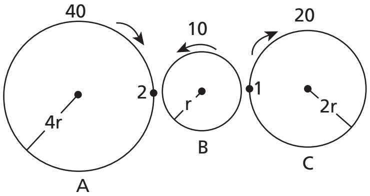
$$1 \cdot 100 \text{ cm} = n_B \cdot 10 \text{ cm} \Rightarrow \boxed{n_B = n_C = 10 \text{ voltas}}$$

Resposta: a

24.



O perímetro é proporcional ao número de dentes. Como o raio e o perímetro também são proporcionais, o raio é proporcional ao número de dentes.



$v_1 = v_2 \Rightarrow \omega_1 \cdot 2r = \omega_2 \cdot 4r$

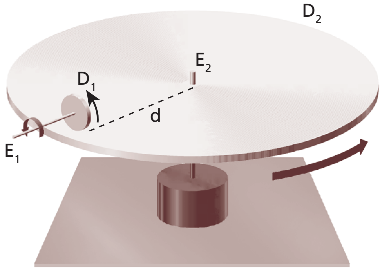
$2\,\pi f_C\, 2 = 2\,\pi\, f_A\, 4 \Rightarrow 2\, f_C = 4\, f_A$

$2\dfrac{n_C}{\Delta t} = 4\dfrac{n_A}{\Delta t} \Rightarrow 2\, n_C = 4 n_A$

$2 \cdot 10 = 4\, n_A \Rightarrow \boxed{n_A = 5}$

Resposta: 5

25.



$\omega_1 = 2\,\pi\, f_1$

Para um ponto na periferia de D_1, temos:
$v_1 = \omega_1 R_1 = 2\,\pi\, f_1 R_1$
Um ponto de D_2, em contato com D_1, tem velocidade linear v_2 igual a v_1:
$v_2 = \omega_2\, d = 2\,\pi\, f_2\, d = 2\,\pi\, f_1\, R_1$

$$f_2 = \frac{f_1 R_1}{d} = \frac{120 \cdot 5}{d} = \frac{600}{d} \quad (\textbf{d} \text{ em cm})$$

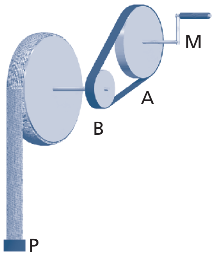
Para $d = 40$ cm: $f_2 = \dfrac{600}{40} \Rightarrow f_2 = 15$ Hz

Para $d = 10$ cm: $f_2 = \dfrac{600}{10} \Rightarrow f_2 = 60$ Hz

Portanto, f_2 pode variar de 15 a 60 Hz

Resposta: De 15 Hz a 60 Hz.

27.



Como o raio do carretel vai aumentando, **v** é crescente ($v = \omega R$, sendo $\boldsymbol{\omega}$ constante). Por isso, o movimento da extremidade **P** é acelerado.

Resposta: a

29.

Estimando o raio da roda em 30 cm, calculemos seu perímetro, que é a distância percorrida por ela em cada volta:

perímetro $= 2\pi R = 2 \cdot \pi \cdot 30\text{ cm} \cong 1{,}9\text{ m}$

$$\text{número de voltas} = \frac{\text{distância total percorrida}}{\text{perímetro}} = \frac{200\,000\text{ m}}{1{,}9\text{ m}}$$

$$\boxed{\text{Ordem de grandeza} = 10^5\text{ voltas}}$$

Nota:

- *Grosso modo*, ordem de grandeza de um número é a potência de dez que mais se aproxima desse número.

Resposta: c

30.

$R = 25\text{ cm} = 0{,}25\text{ m}$

$f = 1200\text{ rpm} = 20\text{ Hz}$

Em $\Delta t = 1\text{s}$: $\Delta s = 20 \cdot 2\pi R = 20 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0{,}25 \Rightarrow \Delta s = 30\text{ m}$

Portanto:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{30\text{ m}}{1\text{ s}} = 30\text{ m/s} \Rightarrow \boxed{v = 108\text{ km/h}}$$

ou

$$v = \omega R = 2\pi f R = 2 \cdot 3 \cdot 20 \cdot 0{,}25 \Rightarrow v = 30\text{ m/s} \Rightarrow \boxed{v = 108\text{ km/h}}$$

Resposta: 108 km/h

31.

$\boxed{v_f = v_T}$ (igual à velocidade escalar do trator em relação ao solo)

$\omega_f\, r_f = \omega_T\, r_T$

Como $r_f < r_T$: $\boxed{\omega_f > \omega_T}$

Resposta: d

32.

$$f_{pedais} = 40\text{ rpm} = \frac{40}{60}\text{Hz} = \frac{2}{3}\text{Hz}$$

a) $\omega_{roda\ dianteira} = \omega_{pedais} = 2\pi f_{pedais} = 2 \cdot 3 \cdot \frac{2}{3}\text{ Hz} = 4\text{ rad/s}$

$$v_a = \omega_{roda\ dianteira} \cdot r_{roda\ dianteira} = 4 \cdot \frac{1{,}20}{2} \Rightarrow \boxed{v_a = 2{,}4\text{ m/s}}$$

b) $\omega_{coroa} = \omega_{pedais} = 4\text{ rad/s}$

$$\omega_{coroa} \cdot r_{coroa} = \omega_{catraca} \cdot r_{catraca}$$

$$\omega_{catraca} = \omega_{coroa} \cdot \frac{r_{coroa}}{r_{catraca}} = 4 \cdot \frac{\frac{25}{2}}{\frac{10}{2}}$$

$$\omega_{catraca} = 10\text{ rad/s} = \omega_{roda\ traseira}$$

$$v_b = \omega_{roda\ traseira} \cdot r_{roda\ traseira} = 10 \cdot 0{,}3$$

$$\boxed{v_b = 3\text{ m/s}}$$

Respostas: a) 2,4 m/s; b) 3 m/s

33.

a) Sejam **A** e **B** dois pontos periféricos do anel e da região de raio r_1 respectivamente:

$v_A = v_B$: $2\pi f_A R_A = 2\pi f_B R_B$

$f_A R = f_B r_1$

$\frac{100}{3}\text{ rpm} \cdot 90\text{mm} = f_B \cdot 1{,}20\text{mm}$

$\boxed{f_B = f = 2\,500\text{ rpm}}$

b) Sejam **A** e **C** dois pontos periféricos do anel e da região de raio r_2 respectivamente:

$v_A = v_C$: $2\pi f'_A R_A = 2\pi f_C R_C$

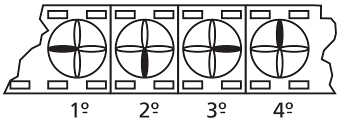
$f'_A R = f_C r_2 = f r_2$

$f'_A \cdot 90\text{mm} = 2\,500\text{ rpm} \cdot 1{,}62\text{ mm}$

$\boxed{f'_A = 45\text{ rpm}}$

Respostas: a) 2 500 rpm; b) 45 rpm

34.



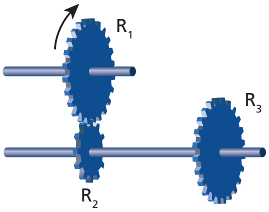
Entre dois fotogramas consecutivos, a pá destacada efetua, no mínimo, $\frac{3}{4}$ de volta, em um intervalo de tempo $\Delta t = \frac{1}{24}$ s. Então, a frequência mínima de rotação das pás é dada por:

$$f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{\frac{3}{4}\text{ volta}}{\frac{1}{24}\text{ s}} = 18\text{ voltas/s} \Rightarrow \boxed{f = 18\text{ rotações/s}}\ (\text{ou } 18\text{ Hz})$$

Resposta: 18 Hz

Página 91

35.



a) $f_1 = 5000\text{ rpm}$

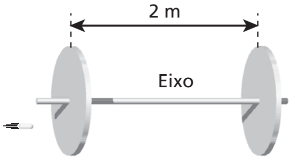
$v_1 = v_2 \Rightarrow 2\pi f_1 r_1 = 2\pi f_2 r_2$

$5000 \cdot 50 = f_2\, 25 \Rightarrow \boxed{f_2 = f_3 = 10000\text{ rpm}}$

b) $$\frac{v_1}{v_3} = \frac{2\pi f_1 r_1}{2\pi f_3 r_3} = \frac{5\,000 \cdot 50}{10\,000 \cdot 50} \Rightarrow \boxed{\frac{v_1}{v_3} = \frac{1}{2}}$$

Resposta: a) 10 000 rpm; b) $\frac{1}{2}$

36.



Enquanto o projétil desloca-se de um disco a outro, percorrendo $\Delta s = 2$ m com velocidade **v**, o sistema sofre um deslocamento angular $\Delta\varphi = 45° \left(\frac{\pi}{4}\text{rad}\right)$ com velocidade angular **ω**:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v}$$

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta\varphi}{\omega}$$

Assim, obtemos:

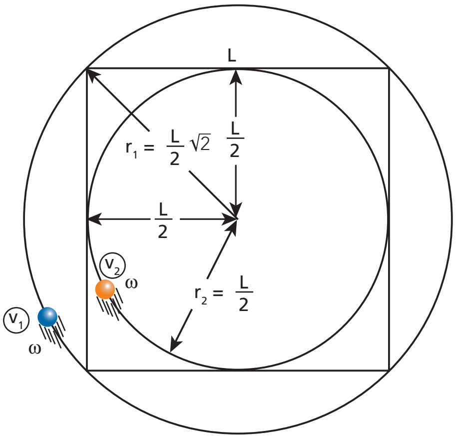
$$\frac{\Delta s}{v} = \frac{\Delta\varphi}{\omega} \Rightarrow v = \frac{\omega\Delta s}{\Delta\varphi}$$

Como $\omega = 2\pi f = 2\,\pi \cdot 50 = 100\,\pi$ rad/s, temos:

$$v = \frac{100\pi \cdot 2}{\frac{\pi}{4}} \Rightarrow \boxed{v = 800 \text{ m/s}}$$

Resposta: 800 m/s

37.



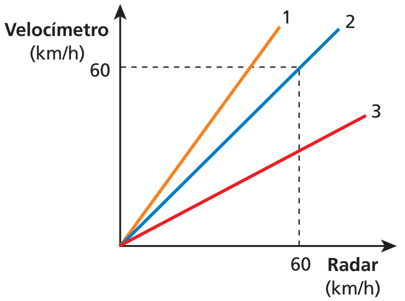
$v_1 = \omega r_1$

$v_2 = \omega r_2$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{\frac{L\sqrt{2}}{2}}{\frac{L}{2}} \Rightarrow \boxed{\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{2}}$$

Resposta: a

38.



O velocímetro de um carro indica um valor **v** de velocidade para cada frequência **f** de rotação das rodas. Ele é calibrado pelo fabricante do veículo para pneus de raio **R** determinado: $v = 2\,\pi\, f\, R$. Se o usuário fizer modificações no veículo, alterando o valor de **R** para um outro valor R', as indicações do velocímetro não corresponderão mais aos valores reais da velocidade. De fato, para uma mesma frequência **f**, o velocímetro continuará indicando um valor **v**, mas a velocidade real passará a ser v' : $v' = 2\pi f R'$.

Carro A: o velocímetro indica valores corretos. Portanto, supondo o radar confiável, o carro **A** corresponde à linha **2**.

Carro B: como R' é maior que **R**, para uma mesma frequência **f**, v' é maior que o valor **v** indicado, ou seja, o velocímetro indica uma velocidade menor que a real. Portanto, o carro **B** corresponde à linha **3** e seu motorista deve estar mais precavido com relação a multas.

Carro C: como R' é menor que **R**, para uma mesma frequência **f**, v' é menor que o valor **v** indicado. Portanto, o carro **C** corresponde à linha **1**.

Resposta: A – 2
B – 3 (deve ser mais precavido)
C – 1

39.

Com as rodas girando com velocidade angular **ω**, a velocidade **v** indicada pelo velocímetro é correta quando os pneus estão novos:

$$v = \omega R = \omega\, \frac{D}{2}$$

Para um mesmo **ω**, mas com pneus desgastados (D' = 0,98 D), o velocímetro vai indicar o mesmo valor **v**, mas a velocidade real será v':

$$v' = \omega \frac{D'}{2} = \omega \frac{0{,}98D}{2}$$

$$\frac{v'}{v} = 0{,}98 \Rightarrow \frac{v'}{100} = 0{,}98 \Rightarrow \boxed{v' = 98 \text{ km/h}}$$

Resposta: d

40.

O mais prático é adotar um referencial em um dos ciclistas. Com isso, esse ciclista passa a estar em repouso e o outro a 5 π m/s (soma dos módulos das velocidades):

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{\Delta t} \Rightarrow 5\pi = \frac{2\pi \cdot 100}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 40 \text{ s}}$$

Resposta: 40 s

41.

Temos: $\omega_A = 2\pi f_A = 2\pi \cdot 4 \Rightarrow \omega_A = 8\pi$ rad/min

$\omega_B = 2\pi f_B = 2\pi \cdot 6 \Rightarrow \omega_B = 12\pi$ rad/min

Novamente, vamos adotar um referencial em uma das partículas. Com isso, uma delas, **A**, por exemplo, fica em repouso e a outra, a 4 π rad/min (diferença dos módulos das velocidades angulares):

$\omega = 4\,\pi$ rad/min

$\omega = 2\pi f \Rightarrow 4\pi = 2\pi f \Rightarrow f = 2$ rpm

Em 1 h, a partícula **B** completa 120 voltas e, portanto, encontra-se 120 vezes com **A**.

Resposta: 120 vezes.

42.

Das 12 h até a próxima sobreposição dos ponteiros, o ponteiro das horas desloca-se $\Delta\varphi_h$ e o dos minutos desloca-se $\Delta\varphi_m$, sendo:

$\Delta\varphi_m = \Delta\varphi_h + 2\,\pi$ (rad)

$\omega_m \Delta t = \omega_h \Delta t + 2\,\pi$ (I)

$\omega_m = 2\,\pi$ rad/h e $\omega_h = \frac{\pi}{6}$ rad/h

Em (I):

$$2\pi\Delta t = \frac{\pi}{6}\Delta t + 2\pi \Rightarrow \boxed{\Delta t = 1\text{ h }5\text{ min e }27\text{ s}}$$

Resposta: 1 h 5 min e 27 s

43. Seja **n** o número **inteiro** de voltas completadas por **A** e **B** a partir do instante em que estavam emparelhados. Então, como o tempo que passou para **A** (Δt_A) é igual ao que passou para **B** (Δt_B), temos:

$\Delta t_A = \Delta t_B$

$$(n)(1\text{ min }40\text{ s}) = \left(n + \frac{1}{4}\right)(1\text{ min }36\text{ s})$$

$$n \cdot 100\text{ s} = \left(n + \frac{1}{4}\right) \cdot 96 \Rightarrow n = 6\text{ voltas}$$

$$\Delta t_A = (n)(1\text{ min }40\text{ s}) = n \cdot 100\text{ s} = 6 \cdot 100\text{ s} = 600\text{ s}$$

$$\boxed{\Delta t_A = \Delta t_B = 10\text{ min}}$$

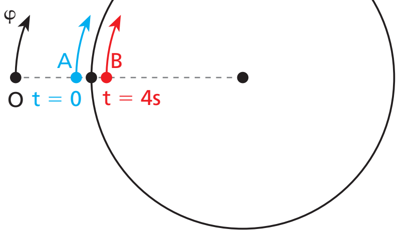
Resposta: 10 min

44.

$\varphi_A = \omega_A t = 1{,}5\,t$

$\varphi_B = \omega_B\,(t - 4) = 3{,}0\,(t - 4)$

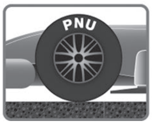
$\varphi_A = \varphi_B : 1{,}5\,t = 3{,}0\,(t - 4) \Rightarrow \boxed{t = 8\text{ s}}$



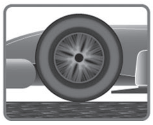
Resposta: 8 s

45.

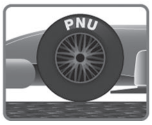
a)



b)



c)



a) A marca parece parada quando é filmada na frequência de 30 Hz. Isso significa que, a cada $\frac{1}{30}$ s (período de filmagem), a marca encontra-se na mesma posição em relação ao eixo da roda.

Nesse período de $\frac{1}{30}$ s, a roda pode ter completado 1 volta, 2 voltas, 3 voltas, enfim, um número inteiro **n** de voltas. Portanto, a frequência **f** de rotação da roda (número de voltas completadas por segundo) é dada por:

$$f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{n}{\frac{1}{30}} \Rightarrow f = 30n\text{ Hz}$$

$$\boxed{\text{A roda completa 30n voltas em 1 s, sendo n} = 1, 2, 3\ldots}$$

b) $f_{mín} = 1 \cdot 30\text{ Hz} = 30\text{ Hz}$

$\omega_{mín} = 2\pi\, f_{mín} = 2 \cdot 3{,}0 \cdot 30$

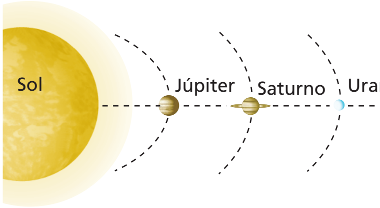
$$\boxed{\omega_{mín} = 180\text{ rad/s}}$$

c) $v_{mín} = \omega_{mín}\, r = 180 \cdot 0{,}3$

$$\boxed{v_{mín} = 54\text{ m/s}}$$

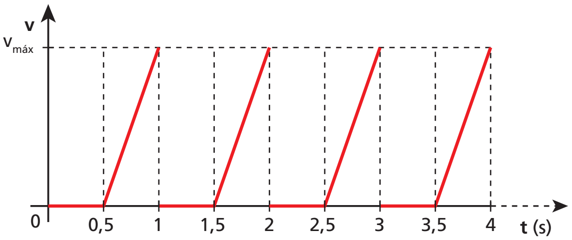
Resposta: a) 30 n voltas em 1 s, sendo n = 1, 2, 3, ...; b) 180 rad/s; c) 54 m/s

46.



O mínimo múltiplo comum entre 12, 30 e 84 é 420.
Portanto, a resposta é 420 anos.
Resposta: 420 anos.

47.



Em cada segundo, a extremidade do ponteiro se desloca **d**:

$$d = \text{“área”} = \frac{0{,}5 \cdot v_{máx}}{2}$$

Em uma volta (60 s), o deslocamento Δs é dado por:

$$\Delta s = 60d = 60 \cdot \frac{0{,}5 \cdot v_{máx}}{2} = 15 \cdot v_{máx}$$

Esse deslocamento é igual ao perímetro da circunferência descrita pela extremidade do ponteiro:

$\Delta s = 2\,\pi\,R = 2\,\pi \cdot 7{,}5\text{ cm} = 15\,\pi\text{ cm}$

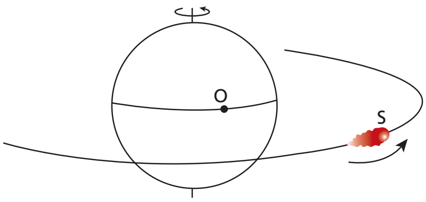
Então:

$15v_{máx} = 15\,\pi\ (v_{máx}\text{ em cm/s})$

$$\boxed{v_{máx} = \pi\text{ cm/s} = 3\text{ cm/s}}$$

Resposta: 3 cm/s

48.



Sejam:

T_0: período do movimento do observador em relação ao eixo da Terra (T_0 = 1d)

T_S: período do satélite, isto é, período do movimento do satélite em relação ao eixo da Terra (T_S = ?)

T': período do satélite em relação ao observador (T' = 2d)

Em relação ao observador, a velocidade angular do satélite, ω', é dada, em valor absoluto, por:

- Se $\omega_s > \omega_0$:

$$\omega' = \omega_s - \omega_0 \Rightarrow \frac{2\pi}{T'} = \frac{2\pi}{T_s} - \frac{2\pi}{T_0} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{T_s} - \frac{1}{1}$$

$$\boxed{T_s = \frac{2}{3}\,d}$$

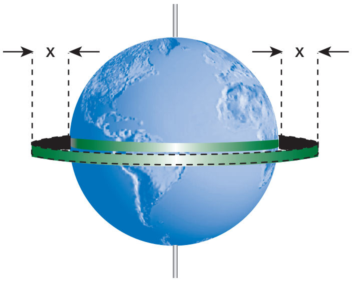
- Se $\omega_s < \omega_0$:

$$\omega' = \omega_0 - \omega_s \Rightarrow \frac{2\pi}{T'} = \frac{2\pi}{T_0} - \frac{2\pi}{T_s} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{1} - \frac{1}{T_s}$$

$$\boxed{T_s = 2\,d}$$

Resposta: e

49.



Sendo **R** o raio da Terra, o comprimento inicial do aro é:

$C = 2\,\pi\,R$ (I)

O comprimento do aro aumentado é:

$C + 1 = 2\,\pi\,(R + x)$ (II)

Substituindo (I) em (II), temos:

$2\,\pi R + 1 = 2\,\pi R + 2\,\pi x$

$$x = \frac{1}{2\pi} = \frac{1}{2 \cdot 3{,}14} \Rightarrow x = 0{,}16\ \text{m}$$

$$\boxed{x = 16\ \text{cm}}$$

Resposta: d

50.

a) Disco de raio 10 cm e frequência f = 0,5 Hz:

$$\left.\begin{array}{r} L = I \cdot 2\pi f = \dfrac{MR^2}{2} \cdot 2\pi f \\ \text{O outro disco: } L = I' \cdot 2\pi f' = \dfrac{M\left(\dfrac{R}{2}\right)^2}{2} \cdot 2\pi f' \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{MR^2}{2} \cdot 2\pi f = \frac{MR^2}{8} \cdot 2\pi f'$$

$$f' = 4f = 4 \cdot 0{,}5 = 2{,}0\ \text{Hz}$$

$$f' = \frac{n}{\Delta t} \Rightarrow 2{,}0 = \frac{n}{15} \Rightarrow \boxed{n = 30\ \text{voltas}}$$

b)
$$\bullet \left.\begin{array}{l} \text{Mesma massa} \\ \text{Mesma densidade} \end{array}\right\} \Rightarrow \text{mesmo volume}$$

- Sendo *e* e *e'* as espessuras, e *V* e *V'* os volumes de discos de raios *R* e $\frac{R}{2}$, respectivamente, temos:

$$V = V' \Rightarrow \pi R^2 e = \pi\left(\frac{R}{2}\right)^2 e' \Rightarrow \boxed{e' = 4e}$$

Respostas: a) 30 voltas; b) A espessura do outro disco é o quádruplo da do primeiro.

51.

a) No intervalo de tempo Δt para que a configuração inicial se repita, **B** e **C** completam N_B e N_C voltas, respectivamente:

$$\left.\begin{array}{l} \Delta t = N_B T_B \\ \Delta t = N_C T_C \end{array}\right\} \Rightarrow N_B T_B = N_C T_C \Rightarrow N_B \cdot 10 = N_C \cdot 16 \Rightarrow N_B \cdot 5 = N_C \cdot 8$$

Os valores inteiros mínimos que satisfazem a relação obtida são: $\boxed{N_B = 8\ \text{voltas}}$ e $\boxed{N_C = 5\ \text{voltas}}$

Poderíamos também chegar a esses resultados determinando o mínimo múltiplo comum entre 10s e 16 s:

mmc = 80 s

Em 80 s, **B** completa 8 voltas e **C**, 5 voltas.

b) Em relação a **A**:

$$\omega_B = \frac{2\pi}{T_B} \text{ e } \omega_C = \frac{2\pi}{T_C}$$

A velocidade angular relativa, ω_{rel}, de **B** em relação a **C** (movendo-se no mesmo sentido em relação a **A**) é dada por:

$$\omega_{rel} = \omega_B - \omega_C = \frac{2\pi}{T_B} - \frac{2\pi}{T_C} = 2\pi\left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_C}\right) \quad \text{(I)}$$

Usando ω_{rel}, tudo se passa como se **C** ficasse parado esperando **B** dar uma volta completa até alinhar-se com ele. Nessa volta, **B** realizaria um deslocamento $\Delta\varphi = 2\pi$ rad durante um intervalo de tempo Δt:

$$\omega_{rel} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{\Delta t}$$

Em (I):

$$\frac{2\pi}{\Delta t} = 2\pi\left(\frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_C}\right) \Rightarrow \frac{1}{\Delta t} = \frac{T_C - T_B}{T_B\,T_C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{T_B\,T_C}{T_C - T_B} = \frac{10 \cdot 16}{16 - 10} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta t = \frac{80}{3}\ \text{s} \cong 26{,}7\ \text{s}}$$

Nota: A informação “movendo-se **B** e **C** no mesmo sentido”, presente neste item **b**, foi interpretada como **B** e **C** dirigindo-se para um “mesmo lado”.

Houve um alinhamento anterior, para $\Delta t = \frac{1}{2} \cdot \frac{80}{3}$ s, com **B** dirigindo-se para “um lado”, e **C**, para o “lado oposto”.

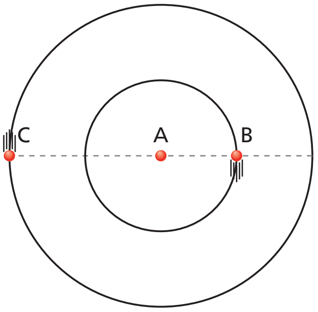
c)
$$N_B = \frac{\Delta t}{T_B} = \frac{\frac{80}{3}}{10} = \frac{8}{3} \Rightarrow \boxed{N_B = 2\,\frac{2}{3}\ \text{voltas}}$$

$$N_C = \frac{\Delta t}{T_C} = \frac{\frac{80}{3}}{16} = \frac{5}{3} \Rightarrow \boxed{N_C = 1\,\frac{2}{3}\ \text{volta}}$$

d) Em relação a **A**, temos:

$$|v_B| = \omega_B R_B = \frac{2\pi}{T_B}\,R_B = \frac{2\pi}{10} \cdot 35 \Rightarrow |v_B| = 7\,\pi\ \text{m/s}$$

$$|v_c| = \omega_C R_C = \frac{2\pi}{T_C}\,R_C = \frac{2\pi}{16} \cdot 60 \Rightarrow |v_c| = \frac{15\pi}{2}\ \text{m/s}$$



Em relação a C:

$|v_A'| = |v_C| \Rightarrow \boxed{|v_A'| = \frac{15\pi}{2}\ \text{m/s}}$

$|v_B'| = |v_C| + |v_B| = \frac{15\pi}{2} + 7\pi \Rightarrow \boxed{|v_B'| = \frac{29\pi}{2}\ \text{m/s}}$

Respostas: a) 8 voltas e 5 voltas, respectivamente.

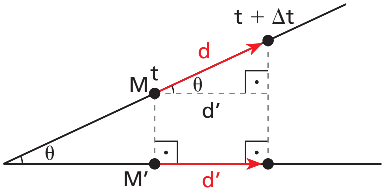
b) $\frac{80}{3}$ s $\cong$ 26,7 s

c) $2\,\frac{2}{3}$ voltas e $1\,\frac{2}{3}$ volta, respectivamente.

d) $\frac{15\pi}{2}$ m/s e $\frac{29\pi}{2}$ m/s, respectivamente.

52.

a) Entre os instantes **t** e t + Δt, a moeda e sua sombra deslocam-se, respectivamente, **d** e **d**':



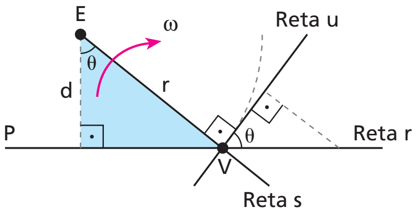
$\cos\theta = \frac{d'}{d} \Rightarrow d' = d\cos\theta$

$V_{M_{média}} = \frac{d}{\Delta t}$

$V_{M'_{média}} = \frac{d'}{\Delta t} = \frac{d\cos\theta}{\Delta t} = V_{M_{média}}\cos\theta$

Fazendo Δt tender a zero: $\boxed{V_{M'} = V_M \cos\theta}$

b)



Imaginando uma "sombra" da "mancha", projetada ortogonalmente sobre a reta **u**, e usando o mesmo raciocínio usado na resolução do item **a**, obtemos, para essa "sombra", uma velocidade v_u dada por:

$$v_u = v\cos\theta \quad \text{(I)}$$

Em um intervalo de tempo **elementar** Δt a "sombra" participa, com velocidade v_u, de um movimento circular de raio **r** em torno de **E**, realizando um deslocamento Δs, também **elementar**:

$v_u = \omega r$

De (I):

$v\cos\theta = \omega r \Rightarrow v = \frac{\omega r}{\cos\theta}$ (II)

$\cos\theta = \frac{d}{r} \Rightarrow r = \frac{d}{\cos\theta}$

Em (II):

$\boxed{v = \frac{\omega d}{\cos^2\theta}}$

Respostas: a) $V_{M'} = V_M \cos\theta$; b) $v = \frac{\omega d}{\cos^2\theta}$

Página 95

53.

- $\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow 10\pi = 2\pi + \gamma \cdot 20$

  $\gamma = \frac{2\pi}{5}\ \text{rad/s}^2$

- $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\gamma\Delta\varphi$

  $100\pi^2 = 4\pi^2 + 2 \cdot \frac{2}{5}\pi \cdot \Delta\varphi$

  $\Delta\varphi = 120\pi$ rad

  1 volta $\Rightarrow 2\pi$ rad

  n voltas $\Rightarrow 120\pi$ rad

  $\boxed{n = 60}$

  Resposta: 60 voltas.

54.

- $v = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = 15 + \alpha \cdot 30 \Rightarrow \alpha = -0{,}5\ \text{m/s}^2$
- $\gamma = \frac{\alpha}{R} = \frac{-0{,}5}{0{,}25} \Rightarrow \gamma = -2\ \text{rad/s}^2 \Rightarrow \boxed{|\gamma| = 2\ \text{rad/s}^2}$

  Resposta: 2 rad/s^2

55.

900 rpm = 15 Hz

$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \cdot 15 \Rightarrow \omega_0 = 30\pi$ rad/s

$\Delta\varphi = 75 \cdot 2\pi$ rad $= 150\pi$ rad

$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\gamma\Delta\varphi$

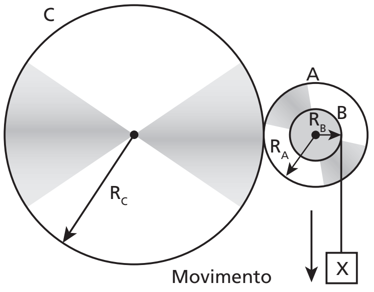
$0 = 900\pi^2 + 2 \cdot \gamma \cdot 150\pi \Rightarrow \gamma = -3\pi\ \text{rad/s}^2$

$\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow 0 = 30\pi - 3\pi t$

$\boxed{t = 10\ \text{s}}$

Resposta: 10 s

56.



- $\alpha_B = 4\ \text{m/s}^2$; $R_B = 10$ cm $= 0{,}1$ m:
- $\gamma_B = \frac{\alpha_B}{R_B} = \frac{4}{0{,}1} \Rightarrow \gamma_B = 40\ \text{rad/s}^2$
- $\gamma_A = \gamma_B = 40\ \text{rad/s}^2$; $R_A = 20$ cm $= 0{,}2$ m:

  $\alpha_A = \gamma_A R_A = 40 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \alpha_A = 8\ \text{m/s}^2$
- $\alpha_C = \alpha_A = 8\ \text{m/s}^2$; $R_C = 50$ cm $= 0{,}5$ m:

  $\gamma_C = \frac{\alpha_C}{R_C} = \frac{8}{0{,}5} \Rightarrow \gamma_C = 16\ \text{rad/s}^2$
- $\omega_C = \omega_{0_C} + \gamma_C t \Rightarrow \boxed{\omega_C = 16t}$ (SI)

Resposta: 16 t (SI)

Tópico 5 – Vetores e Cinemática vetorial

Página 101

1.

(01) Correta

(02) Correta

(04) Correta

(08) Correta

Outras grandezas escalares: energia, potência, carga elétrica, corrente elétrica, pressão, temperatura e velocidade areolar (rapidez de varredura de áreas).

Outras grandezas vetoriais: impulso, quantidade de movimento, campo elétrico e indução magnética.

Resposta: 15

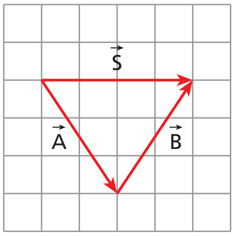
2.

O vetor soma é nulo: $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} = \vec{0}$

Resposta: c

3.

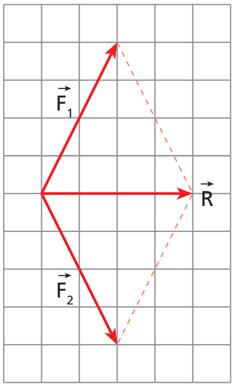
$\vec{S} = \vec{A} + \vec{B}$



Resposta: d

4.

$\vec{R} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$



Resposta: b

6.

a) $|\vec{s}| = |\vec{b}| + |\vec{a}|$

$|\vec{s}| = (80 + 60)u$

$\boxed{|\vec{s}| = 140u}$

b) $|\vec{s}| = |\vec{b}| - |\vec{a}|$

$|\vec{s}| = (80 - 60)u$

$\boxed{|\vec{s}| = 20u}$

c) $|\vec{s}|^2 = |\vec{b}|^2 + |\vec{a}|^2$

$|\vec{s}|^2 = (80)^2 + (60)^2$

$\boxed{|\vec{s}| = 100u}$

Respostas: a) 140u; b) 20u; c) 100u

7.

$s_{máx} = v + u = 15 + 10 = 25$ unidades

$s_{mín} = v - u = 15 - 10 = 5$ unidades

$\boxed{5 \text{ unidades} \leqslant |\vec{s}| \leqslant 25 \text{ unidades}}$

Resposta: 5 unidades $\leqslant |\vec{s}| \leqslant$ 25 unidades

8.

$s^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos 60°$ (Lei dos cossenos)

$s^2 = 7^2 + 8^2 + 2 \cdot 7 \cdot 8 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{s = 13u}$

Resposta: 13u

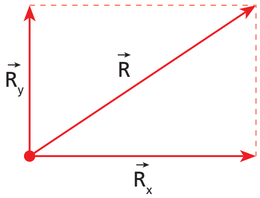
9.

Na horizontal:

$R_X = N - Q \Rightarrow R_X = 7 - 3 \text{ (N)} \Rightarrow \boxed{R_X = 4 \text{ N}}$

Na vertical:

$R_y = M - P \Rightarrow R_y = 6 - 3 \text{ (N)} \Rightarrow \boxed{R_y = 3 \text{ N}}$



Teorema de Pitágoras:

$R^2 = R_X{}^2 + R_y{}^2 \Rightarrow R^2 = 4^2 + 3^2 \; \boxed{R = 5 \text{ N}}$

Resposta: 5 N

10.

a) Grandezas escalares: Energia (1); massa (2); densidade (4); tempo(7).

$\boxed{1\,247}$

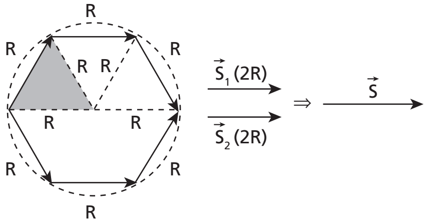
b) Grandezas vetoriais: Força (3); aceleração (5); deslocamento (6); velocidade (8).

$\boxed{3\,568}$

Respostas: a) 1 247; b) 3 568

11.

Um hexágono regular inscrito em uma circunferência de raio **R** tem lados de comprimento **R**. Por isso, o triângulo destacado é **equilátero**.



$S = S_1 + S_2 \Rightarrow S = 2R + 2R \Rightarrow \boxed{S = 4R}$

$S = 4 \cdot 8u \Rightarrow \boxed{S = 32 \text{ u}}$

Resposta: d

12.

$\vec{R} = \vec{F}_B + \vec{F}_E + \vec{F}_D + \vec{F}_A + \vec{F}_C$

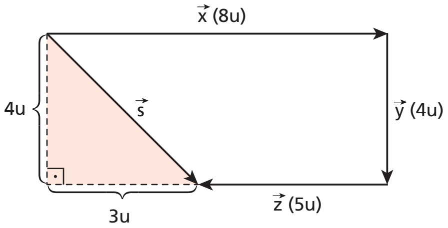
Observa-se, porém, que $\vec{F}_B + \vec{F}_E = \vec{F}_C$ e que $\vec{F}_D + \vec{F}_A = \vec{F}_C$. Logo:

$\vec{R} = \vec{F}_C + \vec{F}_C + \vec{F}_C \Rightarrow \vec{R} = 3\,\vec{F}_C$

$|\vec{R}| = 3\,|\vec{F}_C| = 3 \cdot 10\text{N} \Rightarrow \boxed{|\vec{R}| = 30\text{ N}}$

Resposta: e

14.



Aplicando-se o Teorema de Pitágoras ao triângulo retângulo destacado, tem-se:

$|\vec{s}|^2 = 3^2 + 4^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{s}| = 5u}$

Resposta: 5u

15.

$\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BE} + \overrightarrow{CA} = \overrightarrow{CE}$

Resposta: d

16.

$R_{máx} = F_1 + F_2 \Rightarrow R_{máx} = 18 + 12 = 30\text{ N}$
$R_{mín} = F_1 - F_2 \Rightarrow R_{mín} = 18 - 12 = 6{,}0\text{ N}$

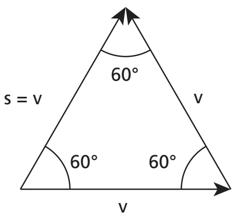
$\boxed{6{,}0 \leqslant R \leqslant 30\text{ N}}$

Resposta: e

17.

$0 \leqslant s \leqslant 2v$

A soma terá módulo **v**, no caso de os dois vetores formarem entre si um ângulo de 60°, conforme representa a figura abaixo.



Resposta: b

18.

Teorema de Pitágoras:

$R^2 = F_1^{\,2} + F_2^{\,2} \Rightarrow (75)^2 = (60)^2 + F_2^{\,2} \Rightarrow \boxed{F_2 = 45\text{ N}}$

Resposta: 45 N

19. Lei dos cossenos:

$s^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cdot \cos 60°$

$s^2 = (24)^2 + (21)^2 + 2 \cdot 24 \cdot 21 \cdot \frac{1}{2}$

Do qual: $\boxed{s = 39\text{ u}}$

Resposta: 39 u

20.

Teorema de Pitágoras:

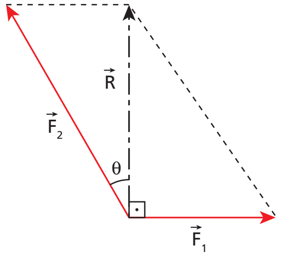
$R^2 = a^2 + b^2 \Rightarrow (\sqrt{20}\,)^2 = (2x)^2 + x^2 \Rightarrow 20 = 4x^2 + x^2$

$20 = 5x^2 \Rightarrow \boxed{x = 2}$

$a = 2x \Rightarrow a = 2 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{a = 4}$

Resposta: 4

21.



$\text{sen } \theta = \frac{F_1}{F_2} = \frac{x}{2x} = \frac{1}{2}$

$\therefore \theta = 30°$

$\alpha = \theta + 90° \Rightarrow \alpha = 30° + 90° \Rightarrow$

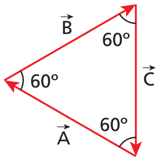
$\Rightarrow \boxed{\alpha = 120°}$

Resposta: 120°

23.

a) $|\vec{S}| = x + x - x \Rightarrow \boxed{|\vec{S}| = x}$

b)



$\boxed{|\vec{S}| = 0}$

Respostas: a) x; b) zero

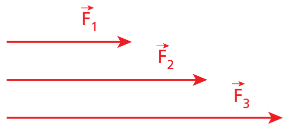
24.

a)

$|\vec{S}_{máx}| = |\vec{F}_1| + |\vec{F}_2| + |\vec{F}_3|$

$|\vec{S}_{máx}| = (10 + 15 + 20)\text{ N}$

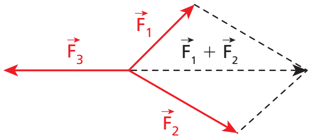
$\boxed{|\vec{S}_{máx}| = 45\text{ N}}$



b)

$|\vec{F}_3| = |\vec{F}_1 + \vec{F}_2|$

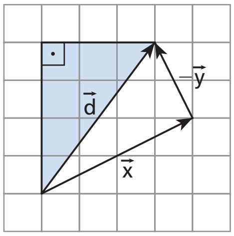
$\boxed{|\vec{S}_{mín}| = 0}$



Respostas: a) 45 N; b) zero

Página 106

26.



$\vec{d} = \vec{x} - \vec{y} \Rightarrow \vec{d} = \vec{x} + (-\vec{y})$

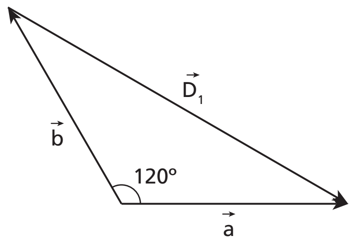
$|\vec{d}|^2 = 3^2 + 4^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{d}| = 5\text{ u}}$

Resposta: e

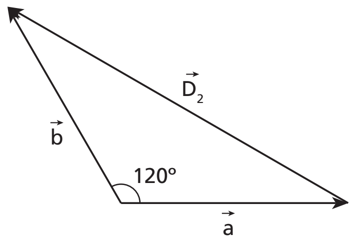
28.

a)

$\vec{D}_1 = \vec{a} - \vec{b}$



$\vec{D}_2 = \vec{b} - \vec{a}$



b) $|\vec{D}_1| = |\vec{D}_2| = D$

Lei dos cossenos:

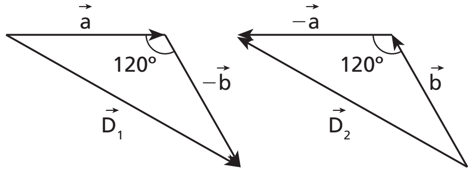
$D^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos(120°)$

$D^2 = (7,0)^2 + (8,0)^2 - 2 \cdot 7,0 \cdot 8,0 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right)$

Da qual: $\boxed{D = 13u}$

Respostas:

a)

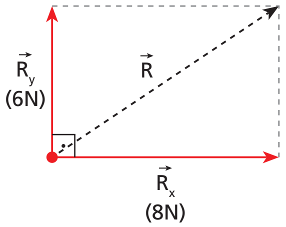


b) 13 u

29.

Na horizontal: $R_x = 10 + 4 - 6 \Rightarrow \boxed{R_x = 8\ N}$

Na vertical: $R_y = 10 - 4 \Rightarrow \boxed{R_y = 6\ N}$



Teorema de Pitágoras:

$R^2 = R_x^{\ 2} + R_y^{\ 2} \Rightarrow R_y^{\ 2} = 8^2 + 6^2$

Da qual: $\boxed{R = 10\ N}$

Resposta: b

30.

Com relação à alternativa incorreta, e:
$|\vec{a} + \vec{c}| = |\vec{e} + \vec{c}|$, porém, $\vec{a} + \vec{c} \neq \vec{e} + \vec{c}$
Dois vetores somente são iguais quando têm o mesmo módulo, a mesma direção e o mesmo sentido.
Resposta: e

31.

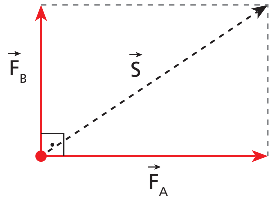
a)

$\vec{S} = \vec{F}_A + \vec{F}_B \Rightarrow |\vec{S}| = 12 - 5,0\ \ (N) \Rightarrow |\vec{S}| = 7,0\ N$

$\vec{D} = \vec{F}_A - \vec{F}_B \Rightarrow \vec{D} = \vec{F}_A + (-\vec{F}_B) \Rightarrow$

$|\vec{D}| = 12 + 5,0\ \ (N) \Rightarrow \boxed{|\vec{D}| = 17\ N}$

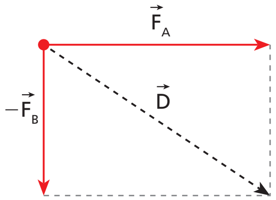
b) $\vec{S} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$



Teorema de Pitágoras:

$|\vec{S}|^2 = (12)^2 + (5,0)^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{S}| = 13\ N}$

$\vec{D} = \vec{F}_A - \vec{F}_B \Rightarrow \vec{D} = \vec{F}_A + (-\vec{F}_B)$



Teorema de Pitágoras:

$|\vec{D}|^2 = (12)^2 + (5,0)^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{D}| = 13\ N}$

Respostas: a) $|\vec{S}| = 7,0\ N$; $|\vec{D}| = 17\ N$
b) $|\vec{S}| = |\vec{D}| = 13\ N$

32.

(I) Errada
$|\vec{F}_1 - \vec{F}_2| = 2$ somente se $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ tiverem a mesma direção e o mesmo sentido.

(II) Correta

(III) Errada
$|\vec{F}_1 - \vec{F}_2| = 8$ somente se $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ tiverem a mesma direção e o mesmo sentido.

(IV) Correta

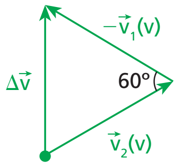
Resposta: b

34.

$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \Rightarrow \Delta\vec{v} = \vec{v}_2 + (-\vec{v}_1)$

O triângulo é equilátero, logo: $\boxed{|\Delta\vec{v}| = v}$

Resposta: a



36.

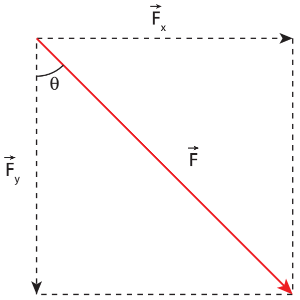
Na horizontal: $R_x = 0$
Na vertical: $R_y = 1,0 + 1,0 (cm) \Rightarrow R_y = 2,0\ cm$

$\vec{R}$ ↑ $\boxed{|\vec{R}| = |\vec{R}_y| = 2,0\ cm}$

Resposta: e

37.

Teorema de Pitágoras:



$$(AB)^2 = x^2 + y^2$$

$$(40)^2 = x^2 + (32)^2$$

$$\boxed{x = 24\text{ m}}$$

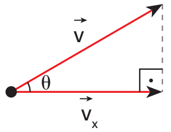
$$F_x = F\text{ sen }\theta \Rightarrow F_x = 2{,}0 \cdot 10^3\ \frac{24}{40}\ (\text{N}) \Rightarrow \boxed{F_X = 1{,}2 \cdot 10^3\text{ N}}$$

$$F_Y = F\cos\theta \Rightarrow F_Y = 2{,}0 \cdot 10^3\ \frac{32}{40} \Rightarrow \boxed{F_Y = 1{,}6 \cdot 10^3\text{ N}}$$

Respostas: Na horizontal: $F_x = 1{,}2 \cdot 10^3$ N; na vertical: $F_y = 1{,}6 \cdot 10^3$ N.

38.

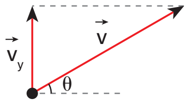
a)



$$v_x = v \cdot \cos\theta \Rightarrow v_x = 360 \cdot \frac{40}{50}\ (\text{km/h})$$

$$\boxed{v_x = 288\text{ km/h}}$$

b)



$$v_y = v \cdot \text{sen}\theta \Rightarrow v_y = 360 \cdot \frac{30}{50}\ (\text{km/h})$$

$$\boxed{V_x = 216\text{ km/h} = 60\text{ m/s}}$$

$$v_y = \frac{\Delta y}{\Delta t} \Rightarrow 60 = \frac{480}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 8{,}0\text{ s}}$$

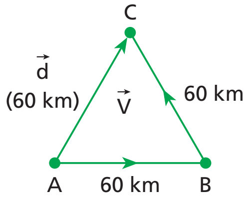
c) $D = v \cdot \Delta t \Rightarrow D = \frac{360}{3{,}6} \cdot 8{,}0\ (\text{m})$

$$\boxed{D = 800\text{ m}}$$

Respostas: a) 288 km/h b) 8,0 s c) 800 m

Página 111

40.



a) $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{AB + BC}{\Delta t}$

$$v_m = \frac{60 + 60}{1{,}0 + \frac{12}{60}} = \frac{120\text{ km}}{1{,}2\text{ h}}$$

$$\boxed{v_m = 100\text{ km/h}}$$

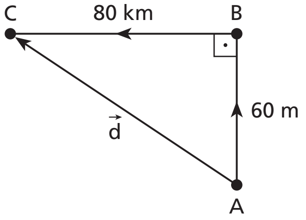
b) $\vec{v}_m = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \Rightarrow |\vec{v}_m| = \frac{60\text{ km}}{1{,}2\text{ h}}$

$$\boxed{|\vec{v}_m| = 50\text{ km/h}}$$

Respostas: a) 100 km/h; b) 50 km/h

41.

a)



Teorema de Pitágoras:

$$|\vec{d}|^2 = (60)^2 + (80)^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{d}| = 100\text{ m}}$$

b) $\vec{v}_m = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \Rightarrow |\vec{v}_m| = \frac{100}{20} \Rightarrow \boxed{|\vec{v}_m| = 5{,}0\text{ m/s}}$

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{AB + BC}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{60 + 80}{20} \Rightarrow \boxed{v_m = 7{,}0\text{ m/s}}$$

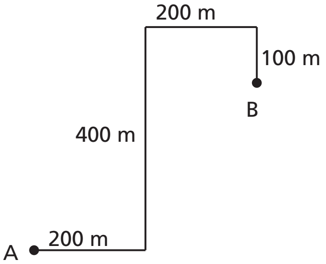
Respostas: a) 100 m; b) Respectivamente, 5,0 m/s e 7,0 m/s.

42.

a) O intervalo de tempo gasto pela ambulância de **A** até **B** será mínimo se o veículo percorrer a trajetória de menor comprimento entre esses dois pontos.

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \Delta t = \frac{\Delta s}{v_m}$$

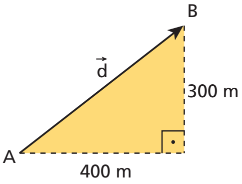
$$\Delta s = 200\text{ m} + 400\text{ m} + 200\text{ m} + 100\text{ m} \Rightarrow \Delta s = 900\text{ m}$$



e $v_m = 18$ km/h = 5,0 m/s. Logo:

$$\Delta t = \frac{900\text{m}}{5{,}0\text{m/s}} = 180\text{ s} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 3{,}0\text{ min}}$$

b) Teorema de Pitágoras:



$$|\vec{d}|^2 = (300)^2 + (400)^2$$

$$\boxed{|\vec{d}| = 500\text{ m}}$$

$$|\vec{v}_m| = \frac{500}{180} \cdot 3{,}6\text{ km/h} \Rightarrow \boxed{|\vec{v}_m| = 10\text{ km/h}}$$

Respostas: a) 3,0 min; b)10 km/h

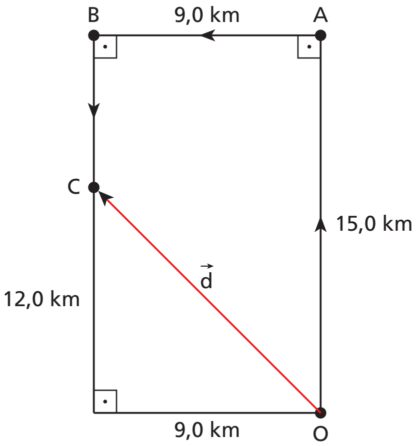
43.

a) $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{OA + AB + BC}{\Delta t}$

$v_m = \frac{15,0 + 9,0 + 3,0}{13 - 7} = \frac{27}{6}$

$\boxed{v_m = 4,5 \text{ km/h}}$

b)



(I) Teorema de Pitágoras:

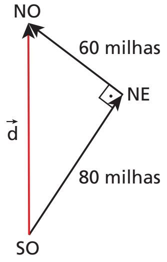
$|\vec{d}|^2 = (9,0)^2 + (12,0)^2$

$\boxed{|\vec{d}| = 15,0 \text{ km}}$

(II) $\vec{v}_m = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \Rightarrow |\vec{v}_m| = \frac{15,0 \text{ km}}{6,0 \text{ h}} \Rightarrow \boxed{|\vec{v}_m| = 2,5 \text{ km/h}}$

Respostas: a) 4,5 km/h; b) 2,5 km/h

44.



Teorema de Pitágoras:

$|\vec{d}|^2 = (80)^2 + (60)^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{d}| = 100 \text{ milhas}}$

$\Delta s = 80 \text{ milhas} + 60 \text{ milhas} \Rightarrow \boxed{\Delta s = 140 \text{ milhas}}$

$$\frac{X}{Y} = \frac{\frac{|\vec{d}|}{\Delta t}}{\frac{\Delta s}{\Delta t}} \Rightarrow \frac{X}{Y} = \frac{|\vec{d}|}{\Delta s} = \frac{100}{140} \Rightarrow \boxed{\frac{X}{Y} = \frac{5}{7}}$$

Resposta: b

45.

(I) $\overline{AB} = \frac{(3,0 + 1,0)4,0}{2} = 8,0 \text{ m};$

(II) $\overline{BC} = \frac{(2,0 + 1,0)4,0}{2} = 6,0 \text{ m}$

(III) Teorema de Pitágoras:

$(\overline{AC})^2 = (8,0)^2 + (6,0)^2 \Rightarrow \overline{AC} = 10 \text{ m}$

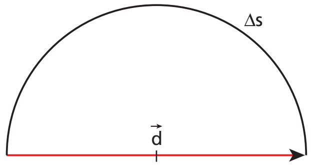
a) $|v_m| = \frac{|\Delta s|}{\Delta t} = \frac{14 \text{ m}}{5,0 \text{ s}} \Rightarrow \boxed{|v_m| = 2,8 \text{ m/s}}$

b) $|\vec{v}_m| = \frac{|\vec{d}|}{\Delta t} = \frac{10 \text{ m}}{5,0 \text{ s}} \Rightarrow \boxed{|\vec{v}_m| = 2,0 \text{ m/s}}$

Respostas: a) 2,8 m/s

b) 2,0 m/s

47.



a) $|v_m| = \frac{|\Delta s|}{\Delta t} = \frac{\pi R}{\Delta t}$

$|v_m| = \frac{3,0 \cdot 60}{15} \text{ (m/s)} \Rightarrow \boxed{|v_m| = 12 \text{ m/s}}$

b) $|\vec{v}_m| = \frac{2 \cdot 60}{15} \text{ (m/s)} \Rightarrow \boxed{|\vec{v}_m| = 8,0 \text{ m/s}}$

Respostas: a) 12 m/s; b) 8,0 m/s

48.

a) $$\frac{|v_{m_x}|}{|v_{m_y}|} = \frac{\frac{|\Delta s_x|}{\Delta t}}{\frac{|\Delta s_y|}{\Delta t}} \Rightarrow \frac{|v_{m_x}|}{|v_{m_y}|} = \frac{|\Delta s_x|}{|\Delta s_y|} = \frac{\pi R}{2R}$$

$$\boxed{\frac{|v_{m_x}|}{|v_{m_y}|} = \frac{\pi}{2}}$$

b) $$\frac{|\vec{v}_{m_x}|}{|\vec{v}_{m_y}|} = \frac{\frac{|\vec{d}_x|}{\Delta t}}{\frac{|\vec{d}_y|}{\Delta t}} \Rightarrow \frac{|\vec{v}_{m_x}|}{|\vec{v}_{m_y}|} = \frac{|\vec{d}_x|}{|\vec{d}_y|} = \frac{2R}{2R}$$

$$\boxed{\frac{|\vec{v}_{m_x}|}{|\vec{v}_{m_y}|} = 1}$$

Respostas: a) $\frac{\pi}{2}$; b) 1

49.

(01) Correta.

(02) Correta.

(04) Incorreta. Somente se o movimento for retilíneo e uniforme.

(08) Incorreta. Somente se o movimento for retilíneo e uniforme.

(16) Correta.

Resposta: 19

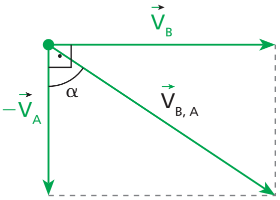
51.

$\vec{v}_{B,A} = \vec{v}_B - \vec{v}_A \Rightarrow \vec{v}_{B,A} = \vec{v}_B + (-\vec{v}_A)$

Teorema de Pitágoras:

$|\vec{v}_{B,A}|^2 = (45)^2 + (60)^2$

$\boxed{|\vec{v}_{B,A}| = 75 \text{ km/h}}$



$\alpha > 45°$

Resposta: c

Página 118

52.

Se a aceleração tangencial é nula, o movimento é uniforme. Se a aceleração centrípeta é nula, o movimento é retilíneo.

Resposta: d

53.

A velocidade vetorial é tangente à trajetória e orientada no sentido do movimento (sentido anti-horário). Logo: seta (1). No MCU, a aceleração vetorial é centrípeta. Logo: seta (5).

Resposta: e

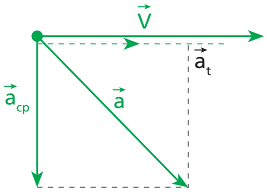
54.

(I) A velocidade vetorial é tangente à trajetória e orientada no sentido do movimento. Logo: vetor (1).

(II) Se o movimento é acelerado, a aceleração vetorial deve admitir uma componente tangencial no sentido do movimento.

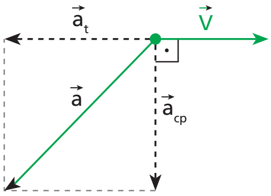
(III) Se o movimento é curvilíneo, a aceleração vetorial deve admitir uma componente centrípeta.

(IV)



Resposta: a

55.



$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_{cp}$

Resposta: c

57.

a) $\Delta s = 2\pi \cdot R \Rightarrow \Delta s \cong 2 \cdot 3{,}14 \cdot 18 \text{ m}$

$\boxed{\Delta s \cong 113 \text{ m}}$

Em uma volta: $\vec{d} = \vec{0}$

b) No MCU, $\vec{a} = \vec{a}_{cp}$. Logo: $a = \dfrac{v^2}{R}$

$v = \dfrac{108}{3{,}6} = 30 \text{ m/s}$

$a = \dfrac{(30)^2}{18} \text{ m/s}^2 \Rightarrow \boxed{a = 50 \text{ m/s}^2}$

Respostas: a) Aproximadamente 113 m; zero; b) 50 m/s^2

58.

Se o movimento é uniforme, nos trechos curvos, a aceleração vetorial é centrípeta. Com **v** constante, a_{cp} é inversamente proporcional a **R**.

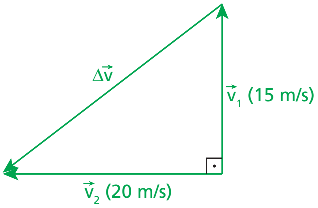
$a_{cp} = \dfrac{v^2}{R}$

a_{cp} é máxima na curva em que **R** é mínimo. No caso, em **c**.

Resposta: c

59.

a)



$\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$

Teorema de Pitágoras:

$|\Delta\vec{v}|^2 = (15)^2 + (20)^2$

$\boxed{|\Delta\vec{v}| = 25 \text{ m/s}}$

b) $|\vec{a}_m| = \dfrac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t} \Rightarrow |\vec{a}_m| = \dfrac{25 \text{ m/s}}{5{,}0 \text{ s}} \Rightarrow \boxed{|\vec{a}_m| = 5{,}0 \text{ m/s}^2}$

Respostas: a) 25 m/s; b) 5,0 m/s^2

60.

(I) Correta (II) Correta (III) Correta

- Movimentos variados (acelerados ou retardados): $\vec{a}_t \neq \vec{0}$
- Movimentos uniformes: $\vec{a}_t = \vec{0}$
- Movimentos curvilíneos: $\vec{a}_{cp} \neq \vec{0}$
- Movimentos retilíneos: $\vec{a}_{cp} = \vec{0}$

Resposta: a

61.

a) Velocidade: vetor (I)
Aceleração: vetor (II)
$\vec{a}$ requer uma componente centrípeta e uma componente tangencial no sentido do movimento.

b) Velocidade: vetor (I)
Aceleração: vetor (IV)
$\vec{a}$ requer uma componente centrípeta e uma componente tangencial em sentido oposto ao do movimento.

c) Velocidade: vetor (I)
Aceleração: vetor (III)
A aceleração vetorial é centrípeta.

Respostas: a) (I) e (II); b) (I) e (IV); c) (I) e (III)

62.

Entre A e B: $\vec{a}$ admite uma componente centrípeta e uma componente tangencial em sentido oposto ao do movimento (retardado).

Entre B e C: $\vec{a}$ é centrípeta (MCU).

Entre C e D: $\vec{a}$ admite uma componente centrípeta e uma componente tangencial no sentido do movimento (acelerado).

Resposta: b

63.

a) MCU:

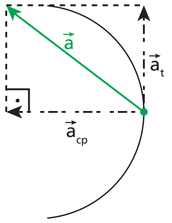
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{2\pi \cdot R}{T} \Rightarrow v = \frac{2 \cdot 3{,}1 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{11}}{3{,}1 \cdot 10^{7}} \text{ m/s}$$

$$v = 30 \cdot 10^{3} \text{ m/s} \Rightarrow \boxed{v = 30 \text{ km/s}}$$

b) $$a_{cp} = \frac{v^2}{R} \Rightarrow a_{cp} = \frac{(30 \cdot 10^{3})^2}{1{,}5 \cdot 10^{11}} \Rightarrow \boxed{a_{cp} = 6{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2}$$

Respostas: a) 30 km/s; b) $6{,}0 \cdot 10^{-3}$ m/s²

65.



$|\vec{a}_t| = |\alpha| = 1{,}5 \text{ m/s}^2$

$$|\vec{a}_{cp}| = \frac{V^2}{R} \Rightarrow |\vec{a}_{cp}| = \frac{1{,}0^2}{0{,}50} = 2{,}0 \text{ m/s}^2$$

Teorema de Pitágoras:

$|\vec{a}|^2 = (1{,}5)^2 + (2{,}0)^2$

$\boxed{|\vec{a}| = 2{,}5 \text{ m/s}^2}$

Resposta: 2,5 m/s²

66.

a) Para t = 0,50 s:

$$v = 1{,}0 + 4{,}0 \cdot (0{,}50) \Rightarrow \boxed{v = 3{,}0 \text{ m/s}}$$

b) $v = v_0 + \alpha \cdot t$, logo: $\boxed{\alpha = |\vec{a}_t| = 4{,}0 \text{ m/s}^2}$

$$|\vec{a}_{cp}| = \frac{v^2}{R} \Rightarrow |\vec{a}_{cp}| = \frac{(3{,}0)^2}{\frac{6{,}0}{2}} \Rightarrow \boxed{|\vec{a}_{cp}| = 3{,}0 \text{ m/s}^2}$$

Teorema de Pitágoras:

$$|\vec{a}|^2 = |\vec{a}_t|^2 + |\vec{a}_{cp}|^2 \Rightarrow |\vec{a}|^2 = (4{,}0)^2 + (3{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{a}| = 5{,}0 \text{ m/s}^2}$$

Respostas: a) 3,0 m/s; b) 5,0 m/s²

67.

a) (I) $$|\vec{a}_{cp}| = \frac{v^2}{R} \Rightarrow |\vec{a}_{cp}| = \frac{(3{,}0)^2}{1{,}5} \Rightarrow \boxed{|\vec{a}_{cp}| = 6{,}0 \text{ m/s}^2}$$

(II) $$|\vec{a}_{cp}| = |\vec{a}| \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow 6{,}0 = |\vec{a}| \cdot 0{,}50 \Rightarrow \boxed{|\vec{a}| = 12 \text{ m/s}^2}$$

b) $\vec{a}$ admite uma componente tangencial no sentido de $\vec{v}$. Logo, o movimento é **acelerado**.

Respostas: a) 12 m/s²; b) Acelerado.

68.

a) $$\Delta s \overset{n}{=} (\text{área})_{v \times t} \Rightarrow 2\pi \cdot R \overset{n}{=} (\text{área})_{v \times t}$$

$$2 \cdot 3 \cdot R = \frac{(2{,}7 + 0{,}3)\ 12}{2} \Rightarrow \boxed{R = 3{,}0 \text{ m}}$$

b) Em t = 1,2 s, tem-se v = 6,0 m/s (função diretamente proporcional).

$$|\vec{a}_{cp}| = \frac{v^2}{R} \Rightarrow |\vec{a}_{cp}| = \frac{(6{,}0)^2}{3{,}0} (\text{m/s}^2) = 12 \text{ m/s}^2$$

$$|\vec{a}_t| = \alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow |\vec{a}_t| = \frac{12}{2{,}4} (\text{m/s}^2) = 5{,}0 \text{ m/s}^2$$

Teorema de Pitágoras:

$$|\vec{a}| = |\vec{a}_t|^2 + |\vec{a}_{cp}|^2 \Rightarrow |\vec{a}|^2 = (5{,}0)^2 + (12)^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{a}| = 13 \text{ m/s}^2}$$

Respostas: a) 3,0 m; b) 13 m/s²

Página 124

70.

- O barco desce o rio:

$$v_B + v_C = v_{res_1} \Rightarrow v_B + 3{,}0 = \frac{D}{1{,}2} \quad \text{(I)}$$

- O barco sobe o rio:

$$v_B - v_C = v_{res_2} \Rightarrow v_B - 3{,}0 = \frac{D}{1{,}8} \quad \text{(II)}$$

Subtraindo-se as equações (I) e (II), vem:

$$6{,}0 = \frac{D}{1{,}2} - \frac{D}{1{,}8} \Rightarrow 6{,}0 = \frac{3D - 2D}{3{,}6}$$

Da qual: $\boxed{D = 21{,}6 \text{ km}}$

Voltando em (I):

$$v_B + 3{,}0 = \frac{21{,}6}{1{,}2} \Rightarrow \boxed{v_B = 15{,}0 \text{ km/h}}$$

Respostas: v_B = 15,0 km/h; D = 21,6 km

71.

a) $$v_{rel} = \frac{L}{\Delta t} \Rightarrow v_{rel} = \frac{30 \text{ m}}{20 \text{ s}} \Rightarrow \boxed{v_{rel} = 1{,}5 \text{ m/s}}$$

b) $$v_{arr} = \frac{36}{3{,}6} (\text{m/s}) = 10 \text{ m/s}$$

$$v_{res} = v_{rel} + v_{arr} \Rightarrow \frac{D}{\Delta t} = v_{rel} + v_{arr}$$

$$\frac{230}{\Delta t} = 1{,}5 + 10 \Rightarrow \Delta t = \frac{230}{11{,}5} (\text{s}) \Rightarrow \boxed{\Delta t = 20 \text{ s}}$$

Respostas: a) 1,5 m/s; b) 20 s

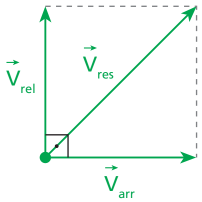
73.

Teorema de Pitágoras:

$|\vec{v}_{res}|^2 = |\vec{v}_{rel}|^2 + |\vec{v}_{arr}|^2$

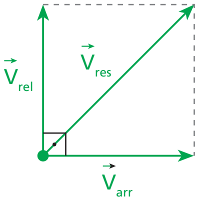
$|\vec{v}_{res}|^2 = (6{,}0)^2 + (8{,}0)^2$

$\boxed{|\vec{v}_{res}| = 10{,}0 \text{ m/s}}$



Resposta: d

74.



a)

Teorema de Pitágoras:

$|\vec{v}_{res}|^2 = |\vec{v}_{rel}|^2 + |\vec{v}_{arr}|^2$

$|\vec{v}_{res}|^2 = (1,5)^2 + (2,0)^2$

$\boxed{|\vec{v}_{res}| = 2,5\ m/s}$

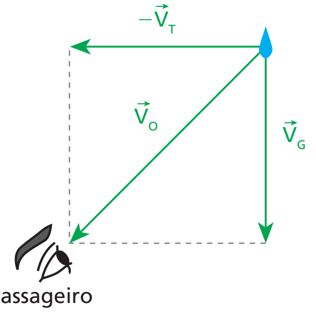
b) (I) $v_{rel} = \frac{L}{\Delta t} \Rightarrow 1,5 = \frac{3,0}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 2,0\ s}$

(II) $v_{res} = \frac{D}{2,0} \Rightarrow 2,5 = \frac{D}{2,0} \Rightarrow \boxed{D = 5,0\ m}$

Respostas: a) 2,5 m/s; b) 5,0 m

75.

Em relação ao passageiro, cada gota de chuva tem as velocidades representadas no esquema abaixo.



$\vec{v}_T$ é a velocidade do trem em relação à ferrovia e $\vec{v}_G$ é a velocidade da gota em relação ao solo.

Como esse mesmo esquema de velocidades se repete para todas as gotas, a melhor opção é a **b**.

Resposta: b

76.

(I) $v_G + v_E = \frac{C}{\Delta t_1} \Rightarrow 1,5 + 0,50 = \frac{C}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \frac{C}{2,0}$

(II) $v_G - v_E = \frac{C}{\Delta t_2} \Rightarrow 1,5 - 0,50 = \frac{C}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = \frac{C}{1,0}$

(III) $\Delta t_1 + \Delta t_2 = 12 \Rightarrow \frac{C}{2,0} + \frac{C}{1,0} = 12 \Rightarrow \boxed{C = 8,0\ m}$

Resposta: 8,0 m

77.

A balsa desce o rio: $v_B + v_C = \frac{D}{9,0}$ (I)

A balsa sobe o rio: $v_B - v_C = \frac{D}{18}$ (II)

(I) – (II): $2v_C = \frac{D}{9,0} - \frac{D}{18} \Rightarrow v_C = \frac{D}{36}$ (III)

A rolha desce o rio sob a ação exclusiva da correnteza:

$v_C = \frac{D}{\Delta t}$ (IV)

Comparando (III) e (IV), obtemos:

$\boxed{\Delta t = 36\ h}$

Resposta: 36 h

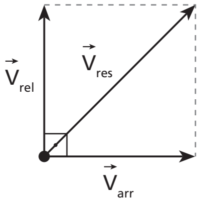
79.

a) A velocidade relativa é mantida perpendicular às margens.

$v_{rel} = \frac{L}{T} \Rightarrow 20 = \frac{5,0}{T} \Rightarrow \boxed{T = \frac{1}{4}\ h = 15\ min}$

O intervalo de tempo calculado independe da velocidade de arrastamento imposto pela correnteza.

b) (I)



Teorema de Pitágoras:

$|\vec{v}_{res}|^2 = |\vec{v}_{rel}|^2 + |\vec{v}_{arr}|^2$

$|\vec{v}_{res}|^2 = (20)^2 + (15)^2$

$\boxed{|\vec{v}_{res}| = 25\ km/h}$

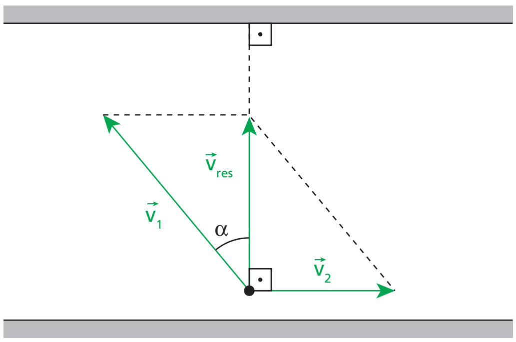
(II) $v_{res} = \frac{D}{T} \Rightarrow 25 = \frac{D}{\frac{1}{4}} \Rightarrow \boxed{D = 6,25\ km}$

Respostas: a) 15 min; Independe da velocidade da correnteza.

b) 6,25 km

80.

Travessia em distância mínima:



$\text{sen}\ \alpha = \frac{|\vec{v}_2|}{|\vec{v}_1|} \Rightarrow \text{sen}\ \alpha = \frac{20}{40}$

$\text{sen}\ \alpha = 0,50 \Rightarrow \alpha = 30°$

$\theta = 30° + 90° \Rightarrow \boxed{\theta = 120°}$

Resposta: 120°

81.

$v_{rel} = \omega R \Rightarrow v_{rel} = 0,50 \cdot 100 \left(\frac{km}{h}\right)$

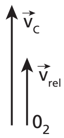
$\boxed{v_{rel} = 50\ km/h}$

a)

$v_1 = v_C - v_{rel}$

$v_1 = (150 - 50)\ km/h$

$\boxed{v_1 = 100\ km/h}$

b) 

$v_2 = v_c + v_{rel}$

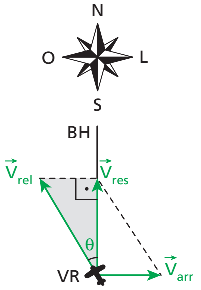
$v_2 = (150 + 50)$ km/h

$\boxed{v_{rel} = 200 \text{ km/h}}$

c) Lado oeste, pois a velocidade resultante, medida em relação à superfície terrestre, é maior.

Respostas: a) 100 km/h; b) 200 km/h; c) Lado oeste.

82.



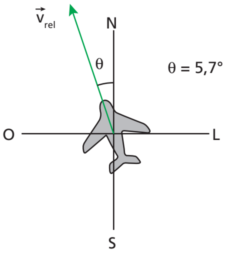
(I) $v_{res} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_{res} = \frac{300 \text{ km}}{0{,}50 \text{ h}} \Rightarrow \boxed{v_{res} = 600 \text{ km/h}}$

(II) No triângulo retângulo destacado na figura:

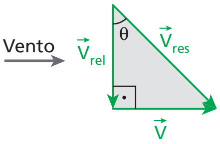
$$\text{tg}\,\theta = \frac{V_{arr}}{V_{res}} \Rightarrow \text{tg}\,\theta = \frac{60}{600} = 0{,}10$$

$\boxed{\theta = 5{,}7°}$

Resposta:



83.



$\boxed{\text{tg}\,\theta = \frac{V}{V_{rel}}}$

1º caso: $\text{tg}\,30° = \frac{15}{V_{rel}}$

$\frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{15}{V_{rel}} \Rightarrow \sqrt{3} = \frac{45}{V_{rel}}$ (I)

2º caso: $\text{tg}\,60° = \frac{V}{V_{rel}}$

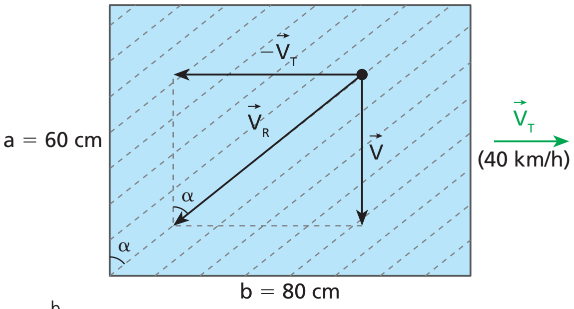
$\sqrt{3} = \frac{V}{V_{rel}}$ (II)

Comparando (I) e (II), concluímos que:

$\boxed{v = 45 \text{ m/s}}$

Resposta: a

85.



a) $\text{tg}\,\alpha = \frac{b}{a}$

$\text{tg}\,\alpha = \frac{v_T}{v}$

$\therefore \frac{b}{a} = \frac{v_T}{v} \Rightarrow \frac{80}{60} = \frac{40}{v} \Rightarrow \boxed{v = 30 \text{ km/h}}$

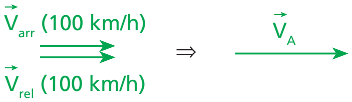
b) Teorema de Pitágoras:

$v_R^2 = v_T^2 + v^2 \Rightarrow v_R^2 = (40)^2 + (30)^2 \Rightarrow \boxed{v_R = 50 \text{ km/h}}$

Respostas: a) 30 km/h; b) 50 km/h

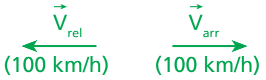
87.

Ponto A:



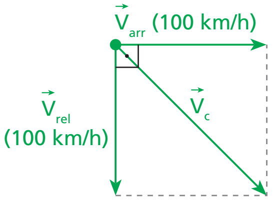
$v_A = 100 + 100 \Rightarrow \boxed{v_A = 200 \text{ km/h}}$

Ponto B:



$v_B = 100 - 100 \Rightarrow \boxed{v_B = 0}$

Ponto C:



Teorema de Pitágoras:

$v_C^2 = (100)^2 + (100)^2 \Rightarrow v_C = 100\sqrt{2} \cong 100 \cdot 1{,}4$ (km/h)

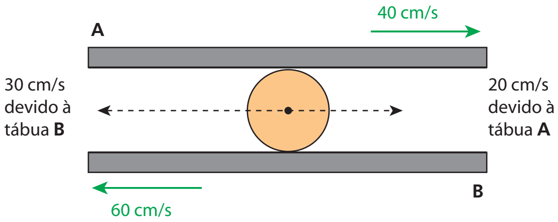
$\boxed{v_c = 140 \text{ km/h}}$

Respostas: v_A: 200 km/h; v_B: zero; v_C: 140 km/h

89.

Devido exclusivamente ao movimento da tábua **A**, o centro do cilindro se move para a direita com velocidade de 20 cm/s.

Para que o centro do cilindro se mova para a esquerda com velocidade de 10 cm/s, a tábua **B** deve estar se movendo para a esquerda com velocidade de 60 cm/s, como esquematiza a figura.



A velocidade resultante do centro do cilindro tem intensidade dada por:

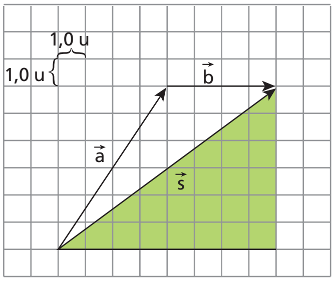
$v_R = 30 - 20 \Rightarrow \boxed{v_R = 10 \text{ cm/s}}$

Resposta: 60 cm/s para a esquerda.

Página 128

90.

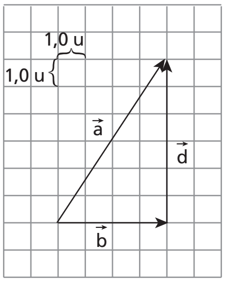
a)



Aplicando o Teorema de Pitágoras, obtemos:

$s^2 = (6{,}0)^2 + (8{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{s = 10{,}0 \text{ u}}$

b)



Da figura: $\boxed{d = 6{,}0 \text{ u}}$

Respostas: a) 10,0 u; b) 6,0 u

91.

a) $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$

b) $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} = \vec{0}$

c) $\vec{a} - \vec{c} = \vec{b}$

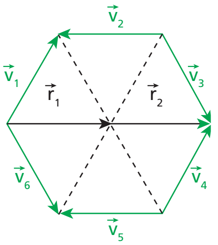
Respostas: a) $\vec{a} + \vec{b} = \vec{c}$; b) $\vec{a} + \vec{b} + \vec{c} = \vec{0}$; c) $\vec{a} - \vec{c} = \vec{b}$

92.

Deve-se verificar a correção ou não de cada expressão vetorial.

Resposta: a

93.



$\vec{v}_1 + \vec{v}_6 = \vec{r}_1 \Rightarrow \vec{v}_3 + \vec{v}_4 = \vec{r}_2 \Rightarrow \vec{r}_1 + \vec{r}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_5 = 0$

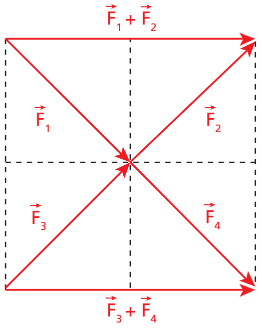
Resposta: e

94.

(I) Os quadrados em que estão inseridos $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$ e $\vec{F}_4$ têm lados que representam forças de intensidade F. Aplicando o Teorema de Pitágoras, temos:

$(F)^2 + (F)^2 = (\sqrt{2})^2 \Rightarrow 2F^2 = 2 \Rightarrow F^2 = 1 \Rightarrow \boxed{F = 1 \text{ N}}$

(II)



$|\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = 2\text{ F} \Rightarrow |\vec{F}_1 + \vec{F}_2| = 2\text{ N}$

$|\vec{F}_3 + \vec{F}_4| = 2\text{ F} \Rightarrow |\vec{F}_3 + \vec{F}_4| = 2\text{ N}$

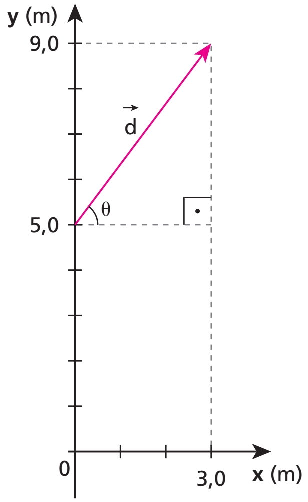
$|\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4| = 4\text{ F} \Rightarrow \boxed{|\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4| = 4\text{ N}}$

Resposta: d

95.

$t_1 = 0 \Rightarrow x_1 = 0$ e $y_1 = 5{,}0$ m

$t_2 = 1{,}0$ s $\Rightarrow x_1 = 3{,}0$ m e $y_1 = 9{,}0$ m

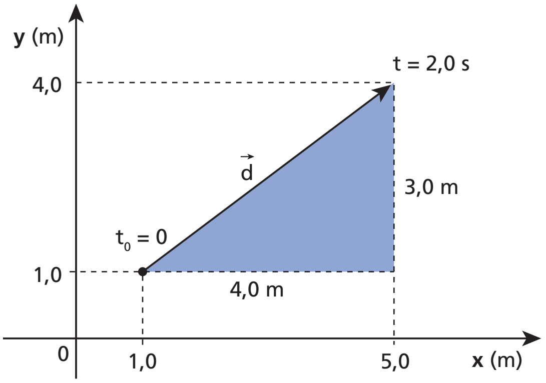


$|\vec{d}|^2 = (3{,}0)^2 + (4{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{d}| = 5{,}0 \text{ m}}$

$$\boxed{\cos\theta = \frac{3{,}0}{5{,}0} = 0{,}60}$$

Resposta: b

96.



a) Aplicando o Teorema de Pitágoras no triângulo destacado, vem:

$|\vec{d}|^2 = (3,0)^2 + (4,0)^2$

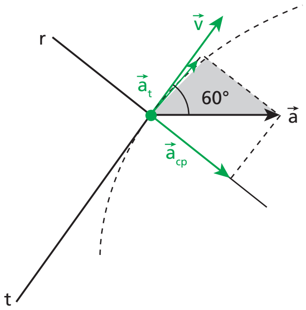
$\boxed{|\vec{d}| = 5,0 \text{ m}}$

b) $|\vec{v}_m| = \dfrac{|\vec{d}|}{\Delta t}$

$|\vec{v}_m| = \dfrac{5,0 \text{ m}}{2,0 \text{ s}} \Rightarrow \boxed{|\vec{v}_m| = 2,5 \text{ m/s}}$

Respostas: a) 5,0 m; b) 2,5 m/s

97.



$\alpha = |\vec{a}_t| = |\vec{a}| \cos 60°$

$\alpha = 4,0 \cdot 0,50 \Rightarrow \boxed{\alpha = 2,0 \text{ m/s}^2}$

$|\vec{a}_{cp}| = |\vec{a}| \text{ sen } 60°$

$|\vec{a}_{cp}| \cong 4,0 \cdot 0,87 \Rightarrow |\vec{a}_{cp}| \cong 3,5 \text{ m/s}^2$

$|\vec{a}_{cp}| = \dfrac{|\vec{v}|^2}{R} \Rightarrow 3,5 = \dfrac{(10)^2}{R}$

$\boxed{R \cong 29 \text{ m}}$

Resposta: c

98.

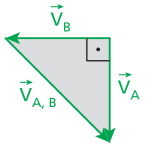
a) O movimento de **A** em relação ao solo é circular e uniforme, e sua aceleração vetorial é centrípeta.

$\vec{a}_A = \vec{a}_{cp} \Rightarrow |\vec{a}_A| = \dfrac{|\vec{v}_A|^2}{R}$

$|\vec{a}_A| = \dfrac{\left(\dfrac{72}{3,6}\right)^2}{50} \text{ (m/s}^2\text{)}$

$\boxed{|\vec{a}_A| = 8,0 \text{ m/s}^2}$

b) $\vec{v}_{A,\,B} = \vec{v}_A - \vec{v}_B$



$\left(|\vec{v}_B| = \dfrac{54}{3,6} \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}\right)$

Teorema de Pitágoras:

$|\vec{v}_{A,\,B}|^2 = (20)^2 + (15)^2$

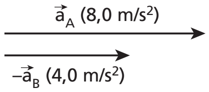
$|\vec{v}_{A,\,B}|^2 = 25 \text{ m/s}$

ou $|\vec{v}_{A,\,B}|^2 = 25 \cdot 3,6 \text{ (km/h)}$

$\boxed{|\vec{v}_{A,\,B}| = 90 \text{ km/h}}$

c) $\vec{a}_{A,\,B} = \vec{a}_A - \vec{a}_B$

$\vec{a}_{A,\,B} = \vec{a}_A + (-\vec{a}_B)$



$|\vec{a}_{A,\,B}| = (8,0 + 4,0) \text{ m/s}^2$

$\boxed{|\vec{a}_{A,\,B}| = 12 \text{ m/s}^2}$

Respostas: a) 8,0 m/s²; b) 90 km/h; c) 12 m/s²

99.

Subida: $v_s = v_B - v_C \Rightarrow v_S = \dfrac{\Delta s}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = \dfrac{\Delta s}{v_s}$

Descida: $v_d = v_B + v_C \Rightarrow v_d = \dfrac{\Delta s}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = \dfrac{\Delta s}{v_d}$

$$v_M = \dfrac{\Delta s + \Delta s}{\Delta t_1 + \Delta t_2} = \dfrac{2\Delta s}{\dfrac{\Delta s}{v_s} + \dfrac{\Delta s}{v_d}} = \dfrac{2\Delta s}{\dfrac{\Delta s(v_d + v_s)}{v_s \cdot v_d}}$$

$$v_M = \dfrac{2}{\dfrac{v_d + v_s}{v_s \cdot v_d}} = \dfrac{2}{\dfrac{(v_B + v_C) + (v_B - v_C)}{(v_B + v_C) \cdot (v_B - v_C)}}$$

$$v_M = \dfrac{2}{\dfrac{2v_B}{v_B{}^2 - v_C{}^2}} = \dfrac{2(v_B{}^2 - v_C{}^2)}{2v_B} \Rightarrow \boxed{V_M = \dfrac{v_B{}^2 - v_C{}^2}{v_B}}$$

Resposta: e

100.

a) Movimento retilíneo e uniforme de Beatriz:

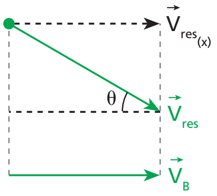
$v_B = \dfrac{D}{T} \Rightarrow 0,80 = \dfrac{6,0}{T}$

Do qual: $\boxed{T = 7,5 \text{ s}}$

b) A velocidade resultante de André em relação ao solo tem intensidade dada por:

$v_{res} = v_A - v_E \Rightarrow v_{res} = v_A - 0,50$

A componente horizontal dessa velocidade deve ser igual à velocidade de Beatriz.



$\vec{v}_{res_{(x)}} = \vec{v}_B$

$(v_A - 0,50) \cos 37° = 0,80$

$(v_A - 0,50)\, 0,80 = 0,80 \Rightarrow v_A - 0,50 = 1,0$

Da qual: $\boxed{v_A = 1,5 \text{ m/s}}$

Respostas: a) 7,5 s; b) 1,5 m/s

101.

$v_{rel} = 5,0 \text{ cm/s}$

$v_{arr} = 2\pi R f \Rightarrow v_{arr} = 2\pi f \, v_{rel} \, t_1$

$$v_{arr} = 2 \cdot 3 \cdot \frac{30}{60} \cdot 5,0 \cdot 0,80 \text{ (cm/s)} \boxed{v_{arr} = 12 \text{ cm/s}}$$

Teorema de Pitágoras:

$$v_{res}^2 = (5,0)^2 + (12)^2 \Rightarrow \boxed{v_{res} = 13 \text{ cm/s}}$$

Resposta: c

102.

a) Como a correnteza influi igualmente no movimento do barco e no do contêiner, podemos ignorar seus efeitos na determinação do intervalo de tempo total transcorrido entre a queda do contêiner e seu posterior resgate. Tudo se passa como se o contêiner, ao cair do barco, permanecesse em repouso. Assim, o barco navegaria durante 1,0 h afastando-se do contêiner e mais 1,0 h aproximando-se dele, o que totalizaria 2,0 h.

$$v_c = \frac{D}{\Delta t} \Rightarrow 4,0 = \frac{D}{2,0} \Rightarrow \boxed{D = 8,0 \text{ km}}$$

b) Barco navegando rio acima: $v - v_c = \dfrac{L}{\frac{\Delta t}{2}}$

$$v - 4,0 = \frac{16}{\frac{2,0}{2}} \Rightarrow \boxed{v = 20 \text{ km/h}}$$

Respostas: a) 8,0 km; b) v = 20 km/h

103.

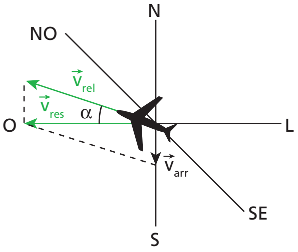
$$\text{tg}\,\alpha = \frac{|\vec{v}_{arr}|}{|\vec{v}_{res}|}$$

$$\text{tg}\,\alpha = \frac{200}{1000} = 0,20$$

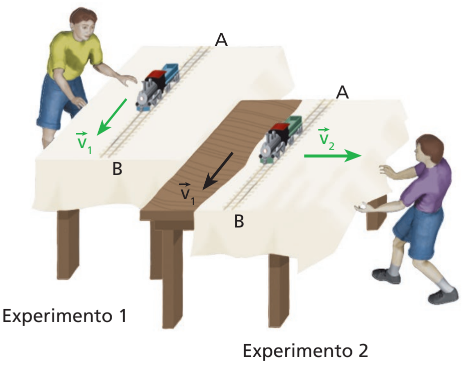
$\text{tg}\,\alpha < \text{tg}\,45° \ (0,20 < 1,0)$

Logo: $\boxed{\alpha < 45°}$

Resposta: a



104.



a) **Experimento 1:** $|\vec{v}_1| = \dfrac{L}{\Delta t} \Rightarrow 0,24 = \dfrac{1,2}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 5,0 \text{ s}}$

Experimento 2: $|\vec{v}_1| = \dfrac{D}{\Delta t} \Rightarrow 10 = \dfrac{D}{50} \Rightarrow \boxed{D = 50 \text{ cm}}$

b) Teorema de Pitágoras: $X^2 = L^2 + D^2$

$$X^2 = (1,2)^2 + (0,50)^2 \Rightarrow \boxed{X = 1,3 \text{ m}}$$

Respostas: a) 50 cm; b) 1,3 m

105.

(I) Movimento na direção AC: $v_{rel_Y} = \dfrac{L}{\Delta t}$

$$v_{rel_Y} = \frac{600}{100} \text{ m/s} \Rightarrow \boxed{v_{rel_X} = 6,0 \text{ m/s}}$$

(II) Teorema de Pitágoras: $v_{rel}^2 = v_{rel_X}^2 + v_{rel_Y}^2$

$$(10)^2 = v_{rel_X}^2 + (6,0)^2 \Rightarrow \boxed{v_{rel_X} = 8,0 \text{ m/s}}$$

(III) Movimento na direção BC: $v_{rel_X} - v_c = \dfrac{D}{\Delta t}$

$$8,0 - v_c = \frac{400}{100} \Rightarrow \boxed{v_c = 4,0 \text{ m/s}}$$

Resposta: b

106.

Em **y**, temos: $y = h - \dfrac{g}{2} t^2$ (I)

Em **x**, temos: $x = \dfrac{a}{2} t^2$

Do qual: $t^2 = \dfrac{2x}{a}$ (II)

(I) em (II): $\boxed{y = h - \dfrac{g}{a} x}$

O gráfico é uma reta oblíqua descendente.

Resposta: c

107.

a) Na horizontal, o movimento é uniforme:

$x = v_x t \Rightarrow x = 2,5t \text{ (SI)}$

$y = 0,24x^2 \Rightarrow y = 0,24(2,5t)^2 \Rightarrow y = 1,5t^2 \text{ (SI)}$

Na vertical, o movimento é uniformemente variado:

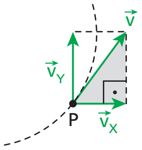
$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{\alpha_y}{2} t^2$$

Sendo $y_0 = 0$ e $v_{0_y} = 0$, obtém-se:

$$\frac{\alpha_y}{2} = 1,5 \Rightarrow \boxed{\alpha_y = 3,0 \text{ m/s}^2}$$

$v_y = v_{0y} + \alpha_y t$

$v_y = 0 + 3,0 \cdot 2,0 \Rightarrow \boxed{v_y = 6,0 \text{ m/s}}$



Teorema de Pitágoras:

$v^2 = v_x^2 + v_y^2$

$v^2 = (2{,}5)^2 + (6{,}0)^2$

$\boxed{v = 6{,}5 \text{ m/s}}$

b) A aceleração vetorial da esfera é vertical e dirigida para cima, com intensidade igual ao módulo da aceleração escalar nessa direção.

$$\boxed{|\vec{a}| = |a_y| = 3{,}0 \text{ m/s}^2}$$

Respostas: a) 6,5 m/s; b) 3,0 m/s²

108.

a) Em relação ao solo, os elos da parte de cima que se deslocam de **A** para **B** têm velocidade 2v.

$$2v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow 2v = \frac{6{,}0}{1{,}5} \Rightarrow \boxed{v = 2{,}0 \text{ m/s}}$$

O eixo de um dos roletes maiores do tanque desloca-se um comprimento **L** em relação ao solo durante 1,5 s.

$$v = \frac{L}{\Delta t} \Rightarrow 2{,}0 = \frac{L}{1{,}5} \Rightarrow \boxed{L = 3{,}0 \text{ m}}$$

b) Em relação ao tanque, nas periferias dos roletes maiores e menores, a intensidade da velocidade linear é a mesma. Logo:

$V_{maior} = V_{menor} \Rightarrow (2\pi\, R\, f)_{maior} = (2\pi R\, f)_{menor}$

$$R \cdot 50 = \frac{2R}{3}\, f_{menor} \Rightarrow \boxed{f_{menor} = 75 \text{ rpm}}$$

Respostas: a) v = 2,0 m/s; L = 3,0 m; b) 75 rpm

109.

a) O ponto de contato entre o carretel e o plano horizontal é o centro instantâneo de rotação do sistema. Em relação a esse ponto, todos os pontos do carretel têm velocidade angular igual a ω. Para o ponto de contato entre a linha e o carretel, temos:

$v = \omega\,(R - r)$

Para o ponto **C**, temos: $v_c = \omega\, R$

$$\text{Logo: } \frac{v_c}{v} = \frac{R}{R - r} \Rightarrow \boxed{v_c = \frac{R}{R - r}\, v}$$

b) A velocidade relativa pedida é dada por:

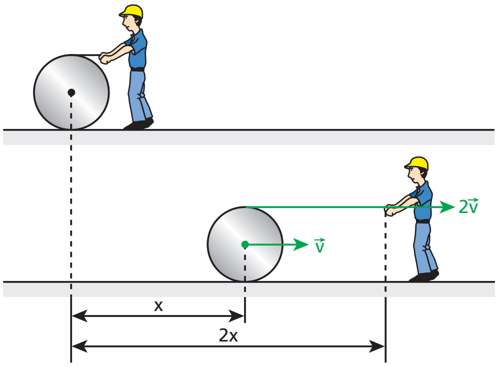
$$v_{rel} = v_c - v \Rightarrow v_{rel} = \frac{R}{R - r}\, v - v \Rightarrow \boxed{v_{rel} = \frac{r}{R - r} v}$$

Nota:

- O ponto **C** se aproxima do ponto **A** e a linha vai se enrolando no carretel.

Respostas: a) $v_c = \dfrac{R}{R - r}\, v$; b) $v_{rel} = \dfrac{r}{R - r}\, v$

110.



$2x - x = 2{,}0 \Rightarrow \boxed{x = 2{,}0 \text{ m}}$

Logo: $\boxed{\Delta s = 2x = 4{,}0 \text{ m}}$

Resposta: c

111.

$|\vec{R}| = f(\theta)$ é uma função sinusoidal (lei dos cossenos). $|\vec{R}|$ varia entre 2x e 0.

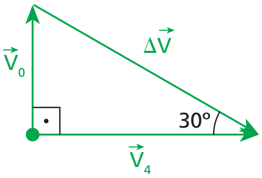
O valor é máximo (2x) para $\theta = 0$, $\theta = 2\pi$ ...

O valor é nulo para $\theta = \pi$ rad, $\theta = 3\pi$ rad ...

Resposta: a

112.

$$|\vec{a}_m| = \frac{|\Delta\vec{v}|}{\Delta t} = \frac{|\vec{v}_4 - \vec{v}_0|}{t_4 - t_0}$$



$$\text{sen } 30° = \frac{|\vec{v}_0|}{|\Delta\vec{v}|} \Rightarrow 0{,}50 = \frac{40}{|\Delta\vec{v}|}$$

$\boxed{|\Delta\vec{v}| = 80 \text{ m/s}}$

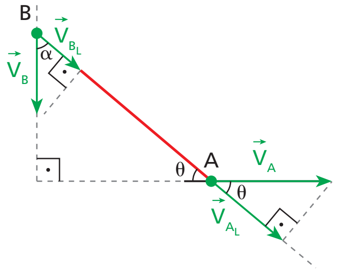
$$\text{Logo: } |\vec{a}_m| = \frac{80}{8{,}0} \Rightarrow \boxed{|\vec{a}_m| = 10 \text{ m/s}^2}$$

Resposta: 10 m/s²

113.

A barra AB não "estica" nem "encolhe": é rígida e indeformável. Logo, as componentes de $\vec{v}_A$ e $\vec{v}_B$ na direção longitudinal da barra devem ser iguais, isto é, a velocidade relativa entre os pontos A e B na direção longitudinal da barra deve ser nula.

Na direção da barra: $v_{rel_{(A,\, B)}} = 0$



$v_{B_L} = v_{A_L} \Rightarrow v_B \cos \alpha = v_A \cos \theta$

Mas, α e θ são ângulos complementares, logo: $\cos \alpha = \text{sen } \theta$

Assim:

$v_B \cdot \text{sen}\,\theta = v_A \cdot \cos\theta$

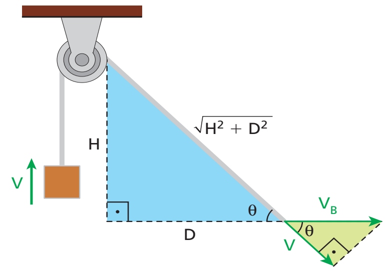
Da qual: $v_B = v_A \cdot \dfrac{\cos\theta}{\text{sen}\,\theta}$

$$\boxed{v_B = v_A \cdot \text{cotg}\,\theta}$$

Resposta: $v_B = v_A \cdot \text{cotg}\,\theta$

114.

A velocidade da carga (e dos pontos da corda) tem intensidade igual à do componente da velocidade do burro na direção da corda.



(I) $\cos\theta = \dfrac{v}{v_B}$ (I)

(II) $\cos\theta = \dfrac{D}{\sqrt{H^2 + D^2}}$ (II)

(III) Comparando I e II, vem:

$$\frac{D}{\sqrt{H^2 + D^2}} = \frac{v}{v_B}$$

Do qual:

$$\boxed{v_B = \frac{\sqrt{H^2 + D^2}}{D}\,v}$$

Resposta: $\dfrac{\sqrt{H^2 + D^2}}{D}\,v$

115.

a) Para que ocorra encontro entre os dois jogadores, as componentes transversais de $\vec{v}_A$ e $\vec{v}_B$ devem ser iguais.

$\vec{v}_{A_t} = \vec{v}_{B_t} \Rightarrow \boxed{v_A\,\text{sen}\,\alpha = v_B\,\text{sen}\,\beta}$

b) $\text{sen}\,\beta = \dfrac{v_A\ \text{sen}\,\alpha}{v_B}$

Se V_B for mínima, com V_A e α constantes, sen β será máximo. Logo:

$\text{sen}\,\beta = 1 \Rightarrow \boxed{\beta = 90°}$

$v_{B_{\text{mín}}} = \dfrac{v_A\ \text{sen}\,\alpha}{\text{sen}\,90°} \Rightarrow \boxed{v_{B_{\text{mín}}} = v_A\,\text{sen}\,\alpha}$

c) Na direção longitudinal:

$v_{\text{rel}} = \dfrac{\Delta s_{\text{rel}}}{\Delta t} \Rightarrow v_A \cos\alpha + v_B \cos\beta = \dfrac{D}{T}$

$$\boxed{T = \frac{D}{v_A\ \cos\alpha\ +\ v_B\ \cos\beta}}$$

Respostas: a) v_A sen $\alpha = v_B$ sen β;

b) $\beta = 90°$ e $v_{B_{\text{mín}}} = v_A$ sen α;

c) $\dfrac{D}{v_A\ \cos\alpha\ +\ v_B\ \cos\beta}$

116.

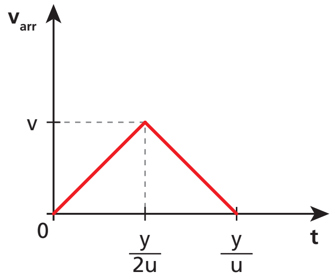
Em **a** e **b**, a velocidade do barco é $\vec{u}$ (a velocidade da correnteza é nula), o que conduz à opção **b**.

Resposta: b

117.

(I) $u = \dfrac{\frac{y}{2}}{T} \Rightarrow T = \dfrac{y}{2u}$

(II)



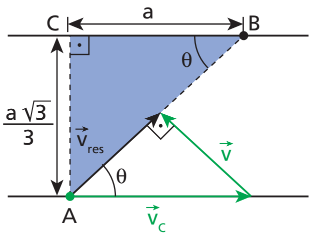
$D \overset{n}{=} (\text{área})_{v \times t} \Rightarrow D = \dfrac{\frac{y}{u} \cdot v}{2}$

$$\boxed{D = \frac{v\,y}{2u}}$$

Resposta: b

118.

O valor mínimo para **v** ocorre quando a velocidade da lancha em relação às águas ($\vec{v}$) é perpendicular à velocidade resultante ($\vec{v}_{res}$), conforme representa o esquema abaixo:



(I) No triângulo retângulo ABC:

$\text{tg}\,\theta = \dfrac{\frac{a\sqrt{3}}{3}}{a} = \dfrac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \boxed{\theta = 30°}$

(II) No triângulo retângulo formado por $\vec{v}$, $\vec{v}_c$ e $\vec{v}_{res}$:

$\text{sen}\,\theta = \dfrac{v}{v_c} \Rightarrow \text{sen}\,30° = \dfrac{v}{v_c} \Rightarrow \boxed{v = \dfrac{v_c}{2}}$

Resposta: d

UNIDADE II – DINÂMICA

Tópico 1 – Os princípios da Dinâmica

Página 136

2. A força resultante é nula somente nos casos (I) e (IV). Deve-se observar que no caso (III), a resultante das duas forças perpendiculares não é equilibrante da terceira força.

Resposta: (I) e (IV).

3.

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ e $\boxed{\vec{F} \text{ resultante total} = \vec{F}_4}$

Resposta: d

4.

$F_{1x} = F_1 \cos\theta \Rightarrow F_{1x} = 100 \cdot 0{,}60 = 60\text{ N}$

$F_{1y} = F_1 \operatorname{sen}\theta \Rightarrow F_{1y} = 100 \cdot 0{,}80 = 80\text{ N}$

Na horizontal: $R_x = F_2 - F_{1x}$

$R_x = 66 - 60\ (\text{N}) \Rightarrow \boxed{R_x = 6\text{ N}}$

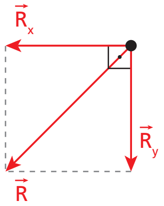
Na vertical: $R_y = F_3 - F_{1y}$

$R_y = 88 - 80\ (\text{N}) \Rightarrow \boxed{R_y = 8\text{ N}}$

Por Pitágoras: $R^2 = R_x^2 + R_y^2$

$R^2 = (6)^2 + (8)^2$

$\boxed{R = 10\text{ N}}$



Resposta: 10 N

5.

Caso (a): $F_1 + F_2 = 700 \Rightarrow F_2 = 700 - F_1$ (I)

Caso (b): $F_1^2 + F_2^2 = (500)^2$ (II)

I em II: $F_1^2 + (700 - F_1)^2 = 25\,000$

$F_1^2 + 490\,000 - 1\,400\,F_1 + F_1^2 = 250\,000$

$2F_1^2 - 1\,400F_1 + 240\,000 = 0$

$F_1^2 - 700\,F_1 + 120\,000 = 0$

$$F_1 = \frac{700 \pm \sqrt{490\,000 - 480\,000}}{2}$$

$$F_1 = \frac{700 \pm 100}{2} \Rightarrow \boxed{F_1 = 400\text{ N ou } F_1' = 300\text{ N}}$$

Logo: $\boxed{F_2 = 300\text{ N ou } F_2' = 400\text{ N}}$

Resposta: $F_1 = 400$ N e $F_2 = 300$ N ou $F_1' = 300$ N e $F_2' = 400$ N

Página 140

6.

Se a resultante das forças sobre uma partícula é nula, ela está em repouso (equilíbrio estático) ou em movimento retilíneo e uniforme (equilíbrio dinâmico).

Resposta: e

7.

Um movimento acelerado requer uma componente da força resultante (não nula) no sentido da velocidade.

Resposta: e

8.

A bolinha segue, por inércia, na direção da tangente à circunferência no ponto **P**.

Resposta: e

9.

Não é possível um corpo ser acelerado sem a ação de uma força externa resultante. O *Superman* muda de velocidade sem a intervenção de sistemas propulsores, o que contraria a 1ª Lei de Newton.

Resposta: Não, pois ele contraria o Princípio da Inércia. Para realizar suas manobras radicais, é necessária a atuação de uma força resultante externa.

10.

(I) Correta

(II) Errada. Ele requer a ação de uma força externa para acelerar seu corpo. A força aplicada pela coleira, quando puxada pelo próprio animal, é interna ao sistema.

(III) Errada. A Lua se mantém em órbita ao redor da Terra devido à força de atração gravitacional aplicada pelo planeta. O único movimento que se mantém por inércia é o MRU.

Resposta: e

11.

Essa citação de Galileu serviu de base para que Newton, posteriormente, formulasse sua 1ª Lei.

Resposta: a

12.

(I) Errada. Pode estar sujeita a diversas forças, mas com resultante nula.

(II) Errada. Se estiver em repouso, a trajetória será um ponto.

(III) Correta.

(IV) Correta.

Um corpo em MRU está em equilíbrio, qualquer que seja sua velocidade **v**, com $v < c = 3{,}0 \cdot 10^8$ m/s.

Resposta: d

13.

Se a partícula descreve MRU, a resultante das forças sobre ela deve ser nula e, para que isso ocorra, a terceira força deve ser a equilibrante da soma $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

$F_3^2 = F_1^2 + F_2^2 \Rightarrow F_3^2 = (5)^2 + (12)^2$

$\boxed{F_3 = 13\text{ N}}$

Resposta: d

14.

(01) Correta

MRU ⇔ Equilíbrio dinâmico

(02) Correta

$\vec{F}_{res} = \vec{0} \Rightarrow \vec{P} + \vec{S} + \vec{F} + \vec{R} = \vec{0}$

(04) Correta

Equilíbrio em x: $|\vec{F}| = |\vec{R}| + |\vec{P}| \operatorname{sen}\theta$

(08) Errada

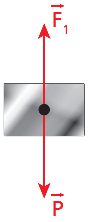
Equilíbrio em y: $|\vec{S}| = |\vec{P}| \cos \theta$

(16) Correta
MRU ⇔ Movimento por inércia

Resposta: 23

15.

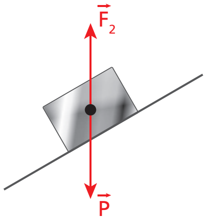
Caso 1: Equilíbrio estático



$$\vec{F}_1 + \vec{P} = \vec{0}$$

$$\boxed{\vec{F}_1 = -\vec{P}}$$

Caso 2: Equilíbrio dinâmico



$$\vec{F}_2 + \vec{P} = \vec{0}$$

$$\boxed{\vec{F}_2 = -\vec{P}}$$

Note-se que: $\vec{F}_2 = \vec{F}_{at} + \vec{F}_n$

Logo: $\boxed{\vec{F}_2 = \vec{F}_1}$

Resposta: e

Página 143

16.

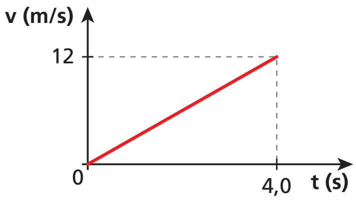
Se o movimento é retilíneo e acelerado, $\vec{F}$ deve ter mesma direção e sentido que $\vec{v}$.
Por outro lado, conforme a 2ª Lei de Newton, os vetores $\vec{a}$ e $\vec{F}$ devem ter a mesma direção e sentido.

Resposta: c

18.

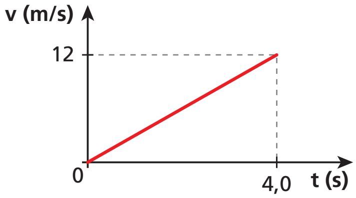
a) A partícula vai adquirir movimento retilíneo uniformemente acelerado.
$F = m\,a \Rightarrow 6{,}0 = 2{,}0\,a$
$\boxed{a = 3{,}0\ m/s^2}$

b) $v = v_0 + at \Rightarrow v = 3{,}0\,t$ (SI)



Respostas: a) 3,0 m/s^2

b)



19.

a) $F_A - F_B = m\,a \Rightarrow 10 - F_B = 1{,}0 \cdot 2{,}0$

$\boxed{F_B = 8{,}0\ N}$

$F_B - F_A = m\,a \Rightarrow F_B - 10 = 1{,}0 \cdot 2{,}0$

$\boxed{F_B = 12\ N}$

b) MUV: $V^2 = V_0^2 + 2\alpha\Delta s$
$V^2 = 2 \cdot 2{,}0 \cdot 25 \Rightarrow \boxed{V = 10\ m/s}$

Respostas: a) 8,0 N e 12 N; b) 10 m/s

20.

2ª Lei de Newton: $F = m\,a$

$$\left.\begin{array}{l} A: 3F_0 = m_A \cdot a_0 \\ B: F_0 = m_B \cdot a_0 \end{array}\right\} \frac{m_A \cdot \cancel{a_0}}{m_B \cdot \cancel{a_0}} = \frac{3\cancel{F_0}}{\cancel{F_0}}$$

$$\boxed{\frac{m_A}{m_B} = 3}$$

Resposta: $\frac{m_A}{m_B} = 3$

21.

2ª Lei de Newton: $F = m\,a$

$$\left.\begin{array}{l} \mathbf{A}: F = M \cdot a_A \\ \mathbf{B}: F = 4M \cdot a_B \end{array}\right\} Ma_A = 4Ma_B \Rightarrow \boxed{\frac{a_A}{a_B} = 4}$$

Resposta: 4

22.

a) $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{(\text{área})_{v \times t}}{\Delta t}$

$$v_m = \frac{\frac{(20 + 10)12}{2}}{20}\ (m/s)$$

$\boxed{v_m = 9{,}0\ m/s}$

b) de 0 a 10 s: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12}{10} = 1{,}2\ m/s^2$

$F = m\,a \Rightarrow F = 6{,}0 \cdot 1{,}2\ (N)$

$\boxed{F = 7{,}2\ N}$

Respostas: a) 9,0 m/s; b) 7,2 N e zero

23.

2ª Lei de Newton:
$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$
1º carrinho: $F = m\,a$
2º carrinho: $F' = 2m\ 3a$
$F' = 6m\ a \Rightarrow \boxed{F' = 6F}$

Resposta: 6F

24.

2ª Lei de Newton:
$\vec{F} = m\,\vec{a}$

(I) $F = m\,2{,}0 \Rightarrow m = \frac{F}{2{,}0}$

(II) $F = M\,6{,}0 \Rightarrow M = \frac{F}{6{,}0}$

(III) $F = (m + m)\,a$

I e II em III, temos:

$$F = \left(\frac{F}{6{,}0} + \frac{F}{2{,}0}\right) a \Rightarrow F = \frac{4\,F}{6{,}0} \cdot a$$

$$\boxed{a = 1{,}5\ \text{m/s}^2}$$

Resposta: 1,5 m/s^2

25.

Corpo A: $F = M_A\ a_A = M_A \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_A$

$F = M_A\ \frac{15}{10}$ (I)

Corpo B: $F = M_B\ a_B = M_B \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_B$

$F = M_B\ \frac{5}{10}$ (II)

Comparando (I) em (II), temos:

$$M_A\ \frac{15}{10} = M_B\ \frac{5}{10} \Rightarrow \boxed{\frac{M_A}{M_B} = \frac{1}{3}}$$

Resposta: c

26.

a) O movimento que a partícula realiza é retilíneo uniformemente acelerado.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{10\ \text{m/s}}{2{,}0\ \text{s}}$$

$$\boxed{a = 5{,}0\ \text{m/s}^2}$$

b) 2ª Lei de Newton:

$F = m\ a$

$F = 4{,}0 \cdot 5{,}0\ (\text{N})$

$\boxed{F = 20\ \text{N}}$

Respostas: a) 5,0 m/s^2; b) 20 N

27.

a) $v_0 = 108\ \text{km/h} = \frac{108}{3{,}6}\ \text{m/s} \Rightarrow v_0 = 30\ \text{m/s}$

Movimento uniformemente variado:

$v = v_0 + \alpha\ t \Rightarrow 0 = 30 + \alpha\ 5{,}0$

$\alpha = -6{,}0\ \text{m/s}^2 \Rightarrow \boxed{a = |\alpha| = 6{,}0\ \text{m/s}^2}$

b) 2ª Lei de Newton: $F_{at} = m\ a$

$F_{at} = 800 \cdot 6{,}0\ (\text{N}) \Rightarrow \boxed{F_{at} = 4{,}8\ \text{kN}}$

Respostas: a) 6,0 m/s^2; b) 4,8 kN

28.

2ª Lei de Newton:

$\vec{F} = m\ \vec{a}$

$F_1 - F_2 = m\ a \Rightarrow (4{,}0 - 1{,}6) \cdot 10^3 = 8{,}0 \cdot 10^2\ a$

$\boxed{a = 3{,}0\ \text{m/s}^2}$

A direção de $\vec{a}$ é a de $\vec{F_1}$ ou $\vec{F_2}$ e o sentido é o de $\vec{F_1}$.

Resposta: O módulo da aceleração é 3,0 m/s^2, a direção é a de $\vec{F_1}$ ou $\vec{F_2}$ e o sentido é o de $\vec{F_1}$.

29.

Aplicando a 2ª Lei de Newton, temos:

$F_{res} = m\,a \Rightarrow F - F_{at} = m\,a$

$20 - F_{at} = 4{,}0 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{F_{at} = 12\ \text{N}}$

Resposta: 12 N

30.

a) 2ª Lei de Newton:

$\vec{F} = m\ \vec{a}$

$F_x - F_{at} = m\ a \Rightarrow F \cos 60° - F_{at} = m\ a$

$160 \cdot \frac{1}{2} - 50 = 25\ a \Rightarrow \boxed{a = 1{,}2\ \text{m/s}^2}$

b) O movimento será retilíneo e uniformemente acelerado.

$$\Delta s = V_0\ t + \frac{a}{2}\ t^2 \Rightarrow 2{,}4 = \frac{1{,}2}{2}\ t^2$$

$\boxed{t = 2{,}0\ \text{s}}$

Respostas: a) 1,2 m/s; b) 2,0 s

31.

Sendo F_c a intensidade da força que a correnteza exerce no bote, aplicando-se a 2ª Lei de Newton, vem:

$F_{res} = ma \Rightarrow 2F \cos \theta - F_c = ma$

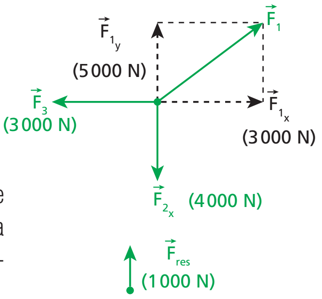
$2 \cdot 80 \cdot 0{,}8 - F_c = 600 \cdot 0{,}02$

Da qual: $\boxed{F_c = 116\ \text{N}}$

Resposta: 116 N

32.

a) Para determinar as características da força resultante sobre a embarcação, convém decompor a força exercida pela vela, como indica a figura ao lado:



A força resultante tem intensidade de 1 000 N (1,0 kN), direção da força de atrito, porém com sentido oposto ao dessa força.

b) 2ª Lei de Newton:

$\vec{F}_{res} = m\ \vec{a}$

$1000 = 20000\ a \Rightarrow \boxed{a = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{m/s}^2}$

Respostas: a) A força resultante tem intensidade de 1 000 N (1,0 kN), direção da força de atrito, porém sentido oposto ao dessa força.
b) 5,0 · 10^{-2} m/s^2

34.

2ª Lei de Newton:

$$\vec{F} = m\ \vec{a} \Rightarrow \vec{F}_m = m\ \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$1{,}2 \cdot 10^3 = 10 \cdot 10^{-3}\ \frac{(v - 0)}{3{,}0 \cdot 10^{-3}}$$

$\boxed{v = 3{,}6 \cdot 10^2\ \text{m/s}}$

Resposta: 3,6 · 10^2 m/s

35.

2ª Lei de Newton:

$$\vec{F}_m = m\,\vec{a}_m \Rightarrow F_m = m \cdot \frac{(v - v_0)}{\Delta t}$$

Como a variação da intensidade da força resultante com o tempo é linear, o valor médio dessa intensidade no intervalo considerado pode ser calculado pela seguinte média aritmética:

$$F_m = \frac{(F_0 + F_1)}{2}$$

$$F_m = \frac{(200 \cdot 0 + 200 \cdot 10)}{2} \Rightarrow \boxed{F_m = 1\,000 \text{ N}}$$

Logo: $1\,000 = 1\,000 \,\dfrac{(v - 0)}{10} \Rightarrow \boxed{v = 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}}$

Resposta: c

Página 151

36. Se o helicóptero desloca-se em MRU nos três casos, a resultante das forças sobre ele deve ser nula. Logo:

$$\vec{F}_{ar} + \vec{P} = 0 \Rightarrow \boxed{\vec{F}_{ar} = -\vec{P}}$$

A força exercida pelo ar tem intensidade igual à da força peso; é vertical e dirigida para cima.

Resposta: a

37. A única força que vai agir no giz depois do ato do lançamento é o peso, vertical, dirigido para baixo e responsável pela trajetória parabólica descrita pelo giz.

Resposta: e

38. Além do peso, a pedra fica sujeita à força de resistência do ar que, na subida, é vertical e dirigida para baixo.

Resposta: a

40.

a) $P_T = m \cdot g_T \Rightarrow 49 = m \cdot 9,8$

$\boxed{m = 5,0 \text{ kg}}$

b) $P_L = m \cdot g_L \Rightarrow P_L = 5,0 \cdot 1,6 \text{ (N)}$

$\boxed{P_L = 8,0 \text{ N}}$

Respostas: a) 5,0 kg; b) 8,0 N

41.

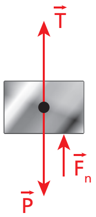
a) Se a aceleração da gravidade é normal ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$), a massa, em kg, é numericamente igual ao peso, em kgf. Logo:

$$\boxed{m = 20 \text{ kg}}$$

b) $P = m\,g \Rightarrow P = 20 \cdot 9,8 \Rightarrow \boxed{P = 196 \text{ N}}$

Respostas: a) 20 kg; b) 196 N

42.



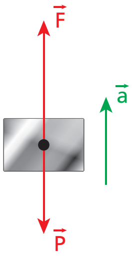
Equilíbrio do bloco:

$F_n + T = P \Rightarrow F_n + T = m\,g$

$F_n + 10 = 5 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{F_n = 40 \text{ N}}$

Resposta: d

44.



2ª Lei de Newton:

$F_{res} = m\,a \Rightarrow F - P = m\,a$

$F - 5,0 \cdot 10 = 5,0 \cdot 2,0 \Rightarrow \boxed{F = 60 \text{ N}}$

Resposta: 60 N

45. A força resultante na pedra é o seu próprio peso e a correspondente aceleração é a da gravidade. Na subida, a velocidade vetorial é dirigida para cima.

Resposta: c

46.

a) A massa da sonda na Terra ou no planeta **X**, em kg, é numericamente igual ao peso desse corpo na Terra, em kgf, num local em que a aceleração da gravidade é normal. Logo:

$$\boxed{m = 5,0 \cdot 10^2 \text{ kg}}$$

b) $P_x = m\,g_x \Rightarrow 1,0 \cdot 10^4 = 5,0 \cdot 10^2\,g_x \Rightarrow \boxed{g_x = 20 \text{ m/s}^2}$

Respostas: a) $5,0 \cdot 10^2$ kg; b) 20 m/s²

47. A indicação da balança é diretamente proporcional à intensidade da aceleração da gravidade local.

$$I = kg$$

Local 1: $49 = k\ 9,8$ (I)

Local 2: $I_2 = k\ 10$ (II)

Dividindo (II) por (I), temos:

$$\frac{I_2}{49} = \frac{k\ 10}{k\ 9,8} \Rightarrow \boxed{I_2 = 50 \text{ kg}}$$

Resposta: d

48.

a) O limite da resistência à tração do fio independe do local.

$T_{máx} = m_{máx}\ g_T \Rightarrow T_{máx} = 60 \cdot 10 \text{ (N)}$

$\boxed{T_{máx} = 6,0 \cdot 10^2 \text{ N}}$

b) $T_{máx} = m'_{máx}\ g_L \Rightarrow 6,0 \cdot 10^2 = m'_{máx}\ 1,5$

$\boxed{m'_{máx} = 4,0 \cdot 10^2 \text{ kg}}$

Respostas: a) $6,0 \cdot 10^2$ N; b) $4,0 \cdot 10^2$ kg

49.

a) $T_{máx} = n_{máx}\ m\ g \Rightarrow 5,80 = n_{máx} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 10$

$n_{máx} = 11,6$

Se o fio se rompeu, conclui-se que foi superado o valor de $n_{máx}$. Por isso, o primeiro inteiro acima de $n_{máx}$ é:

$\boxed{n = 12 \text{ objetos}}$

b) O fio se rompeu em um ponto entre a extremidade fixa e o primeiro objeto, região em que se estabelece a maior tração.

Respostas: a) 12 objetos; b) O fio se rompeu em um ponto entre a extremidade fixa e o primeiro objeto.

50.

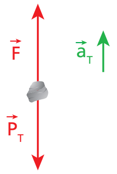
a) 2ª Lei de Newton:

$F - P_T = m\ a_T$

$F - m\ g_T = m\ a_T \Rightarrow F = m\ (g_T + a_T)$

$F = 5{,}0\ (10{,}0 + 2{,}0)\ (N)$

$\boxed{F = 60{,}0\ N}$



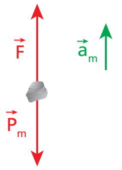
b) 2ª Lei de Newton:

$F - P_M = m\ a_M$

$F - m\ g_M = m\ a_M$

$60{,}0 - 5{,}0 \cdot 4{,}0 = 5{,}0\ a_M$

$\boxed{a_M = 8{,}0\ m/s^2}$



c) Movimento uniformemente variado:

$$d = \frac{a}{2}t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2d}{a}}$$

$$\frac{t_M}{t_T} = \frac{\sqrt{\frac{2\ d}{8{,}0}}}{\sqrt{\frac{2d}{2{,}0}}} = \sqrt{\frac{2{,}0}{8{,}0}} \Rightarrow \boxed{\frac{t_M}{t_T} = \frac{1}{2}}$$

Respostas: a) 60,0 N; b) 8,0 m/s^2; c) $\frac{1}{2}$

51.

a) O peso total do sistema é:

$P_{AB} = (m_A + m_B)\ g \Rightarrow P_{AB} = (2{,}0 + 3{,}0) \cdot 10\ (N)$

$\boxed{P_{AB} = 50\ N}$

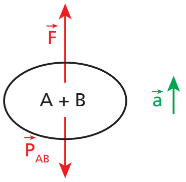
Como $F > P_{AB}$, o sistema é acelerado verticalmente para cima.

2ª Lei de Newton:

$F - P_{AB} = (m_A + m_B)\ a$

$80 - 50 = (2{,}0 + 3{,}0)\ a$

$\boxed{a = 6{,}0\ m/s^2}$

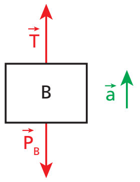


b) 2ª Lei de Newton:

$T - P_B = m_B\ a$

$T - 3{,}0 \cdot 10 = 3{,}0 \cdot 6{,}0$

$\boxed{T = 48\ N}$



Respostas: a) 6,0 m/s^2; b) 48 N

53.

a) A tração de maior intensidade se estabelece no fio 1:

$T_{1_{máx}} = P_{máx} \Rightarrow T_{1_{máx}} = (m_A + m_{B_{máx}})\ g$

$90 = (6{,}0 + m_{B_{máx}})\ 10$

$9{,}0 = 6{,}0 + m_{B_{máx}} \Rightarrow \boxed{m_{B_{máx}} = 3{,}0\ kg}$

b) Sistema em queda livre: $T_2 = 0$

Respostas: a) 3,0 kg; b) Tração nula.

54.

$P_{AB} = (M_a + M_b)\ g \Rightarrow P_{AB} = (2{,}0 + 4{,}0)\ 10\ (N)$

$\boxed{P_{AB} = 60\ N}$

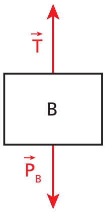
(I) Incorreta.

Se $F = P_{AB} = 60\ N$, o sistema está em equilíbrio.

$T = P_B \Rightarrow T = M_b\ g$

$T = 4{,}0 \cdot 10\ (N)$

$\boxed{T = 40\ N}$



(II) Incorreta.

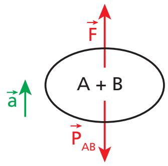
Se $F > P_{AB}$, o sistema acelera verticalmente para cima.

2ª Lei de Newton:

$F - P_{AB} = (M_a + M_b)\ a$

$120 - 60 = (2{,}0 + 4{,}0)\ a$

$\boxed{a = 10\ m/s^2}$

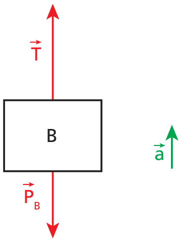


2ª Lei de Newton:

$T - P_B = M_b\ a$

$T - 4{,}0 \cdot 10 = 4{,}0 \cdot 10$

$\boxed{T = 80\ N}$



(III) Correta.

Sistema em queda livre.

(IV) Correta.

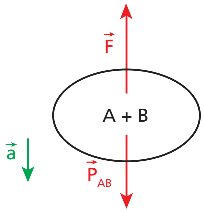
Se $F < P_{AB}$, o sistema tem aceleração dirigida para baixo.

2ª Lei de Newton:

$P_{AB} - F = (M_a + M_b)\ a$

$60 - 12 = (2{,}0 + 4{,}0)\ a$

$\boxed{a = 8{,}0\ m/s^2}$

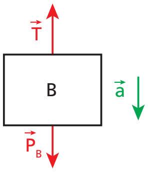


2ª Lei de Newton:

$P_B - T = M_b\ a$

$4{,}0 \cdot 10 - T = 4{,}0 \cdot 8{,}0$

$\boxed{T = 8{,}0\ N}$



Resposta: e

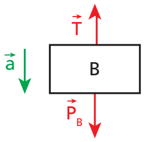
55.

2ª Lei de Newton:

$P_B - T = m_B\ a$

$5{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10 - T = 5{,}0 \cdot 10^2 \cdot 0{,}20$

$\boxed{T = 4{,}9 \cdot 10^3\ N}$

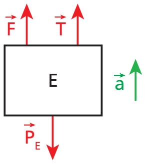


2ª Lei de Newton:

$F + T - P_E = m_E\ a$

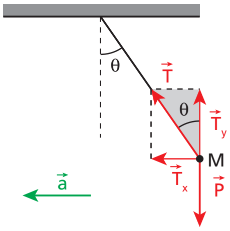
$F + 4{,}9 \cdot 10^3 - 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 0{,}20$

$\boxed{F = 5{,}3 \cdot 10^3\ N}$



Resposta: d

57.



(I) Equilíbrio na vertical:

$T_y = P \Rightarrow T_y = M\ g$

(II) Movimento acelerado na horizontal:

$T_x = F_{res} \Rightarrow T_x = M\ a$

$$\text{tg}\ \theta = \frac{T_x}{T_y} \Rightarrow \frac{\text{sen}\ \theta}{\cos\ \theta} = \frac{M\ a}{M\ g}$$

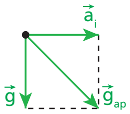
(III) $$\frac{\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{a}{g} \Rightarrow \boxed{a = \frac{\sqrt{3}}{3}\ g}$$

Resposta: c

58.

O duplo pêndulo alinha-se na direção do "prumo" reinante dentro do carro, que está de acordo com a gravidade aparente ($\vec{g}_{ap}$), dada por:

$\boxed{\vec{g}_{ap} = \vec{g} + \vec{a}_i}$



em que: $\vec{a}_i$ = aceleração da inércia, definida no referencial do carro.

O ângulo de inclinação dos fios dos pêndulos independem das respectivas massas. Logo, a figura que melhor representa o duplo pêndulo durante a freada é a contida na alternativa **c**.

Resposta: c

60.

a) Analisando o gráfico no intervalo de 10 s a 14 s, temos:

$$v_L = \frac{\Delta y}{\Delta t} \Rightarrow v_L = \frac{200\ m}{4{,}0\ s} \Rightarrow \boxed{v_L = 50\ m/s}$$

b) A partir do instante em que $v = v_L$, temos: $R = P$. Logo:

$R = P \Rightarrow k\ v_L^2 = m\ g$

$$k \cdot (50)^2 = 75 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{k = 0{,}30\ \frac{Ns^2}{m^2}}$$

c) $$R = k\left(\frac{v_L}{2}\right)^2 \Rightarrow R = 0{,}30\left(\frac{50}{2}\right)^2 \Rightarrow \boxed{R = 187{,}5\ N}$$

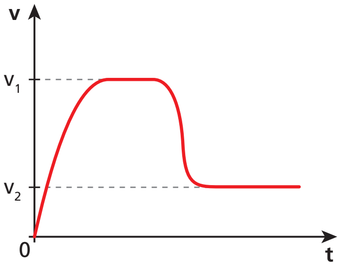
2ª Lei de Newton:

$P - R = m\ a \Rightarrow 75 \cdot 10 - 187{,}5 = 75\ a \Rightarrow \boxed{a = 7{,}5\ m/s^2}$

Respostas: a) $v_L = 50$ m/s; b) $k = 0{,}30\ \frac{N\ s^2}{m^2}$; c) 7,5 m/s^2

61.

O fenômeno pode ser descrito qualitativamente pelo gráfico da velocidade do paraquedista em função do tempo. A intensidade da força de resistência do ar deve ser expressa por:



$F_{ar} = k\ A\ v^2$

(I) Com o paraquedas fechado:

$F_{ar_1} = P \Rightarrow k\ A\ v_1^2 = P$ (I)

(II) Com o paraquedas aberto:

$F_{ar_2} = P \Rightarrow k\ 100\ A\ v_2^2 = P$ (II)

Comparando I e II, temos:

$$k\ 100\ A\ v_2^2 = k\ A\ v_1^2 \Rightarrow \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 = \frac{1}{100}$$

$$\text{Assim: } \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{10} \Rightarrow \boxed{\frac{v_2}{v_1} = 0{,}10}$$

Resposta: b

Página 158

62.

a) $F = k \cdot \Delta x \Rightarrow 100 = k \cdot 0{,}20$

$\boxed{k = 500\ \frac{N}{m}}$

b) $F = k \cdot \Delta x \Rightarrow F = 500 \cdot 0{,}050$

$\boxed{F = 25\ N}$

Respostas: a) $500\ \frac{N}{m}$; b) 25 N

63. O dinamômetro indica a intensidade da força de tração em suas extremidades que, no caso desse sistema em equilíbrio, equivale à intensidade do peso de um dos blocos, isto é, 100 N.

Resposta: c

64.

(I) $T_1 = (m_x + m_y)\ g \Rightarrow 15 = (m + 2m)\ g$

Da qual: $\boxed{5 = mg}$

(II) $T_2 = m_y\ g \Rightarrow T_2 = 2\ m\ g$

Logo: $T_2 = 2 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{T_2 = 10\ N}$

Resposta: 10 N

65. Calculemos, inicialmente, as constantes elásticas dos elásticos **x** e **y**.

Do gráfico, temos:

Elástico **x**: $K_x = \left(\frac{F}{\Delta x}\right)_x = \frac{5{,}0}{10{,}0} = 0{,}50$ N/cm

Elástico **y**: $K_y = \left(\frac{F}{\Delta x}\right)_y = \frac{5{,}0}{5{,}0} = 1{,}0$ N/cm

a) Elásticos em série: a força de tração na associação é comum aos dois elásticos e a deformação total é a soma das deformações individuais.

$$\Delta x = \Delta x_x + \Delta x_y \Rightarrow \frac{F}{K} = \frac{F}{0{,}50} + \frac{F}{1{,}0}$$

Da qual: $\boxed{K = \frac{1}{3}\ N/cm}$

b) Elásticos em paralelo: a força de tração na associação é dada pela soma das trações nos dois elásticos e a deformação total é igual à deformação em cada elástico.

$F = F_x + F_y \Rightarrow K\ \Delta x = 0{,}50\ \Delta x + 1{,}0\ \Delta x$

Donde: $\boxed{K = 1{,}5\ N/cm}$

Respostas: a) $\frac{1}{3}$ N/cm; b) 1,5 N/cm

66.

Representemos por **K** as constantes elásticas individuais dos segmentos AB e BO do elástico.

Figura 1: Segmentos em série $\left(K_1 = \frac{K}{2}\right)$

$F_1 = K_1\ \Delta x_1 \Rightarrow m\ g = \frac{K}{2} x_1$ (I)

Figura 2: $F_2 = K_2\,\Delta x_2 \Rightarrow m\ g = K\ x_2$ (II)

Comparando (I) e (II), temos:

$$k\ x_2 = \frac{k}{2}\ x_1 \Rightarrow \boxed{x_2 = \frac{x_1}{2}}$$

Resposta: d

67.

(I) O movimento é retilíneo uniformemente acelerado. Logo, pela equação de Torricelli, temos:

$v_B{}^2 = v_A{}^2 + 2\,a\,\Delta s \Rightarrow (6{,}0)^2 = (4{,}0)^2 + 2\,a\,10$

Da qual: $\boxed{a = 1{,}0\ m/s^2}$

(II) 2ª Lei de Newton:

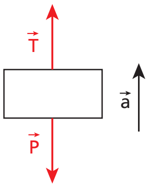
$F = m\ a \Rightarrow K\ \Delta x = m\ a$

$K\ (\ell - \ell_0) = m\ a \Rightarrow 160\ (\ell - 0{,}14) = 4{,}0 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \ell = 0{,}165\ m$

ou $\boxed{\ell = 16{,}5\ cm}$

Resposta: 16,5 cm

68.



2ª Lei de Newton:

$T - P = m\ a$

$T - m\,g = m\,a$

$60 - 4{,}0 \cdot 10 = 4{,}0\ a$

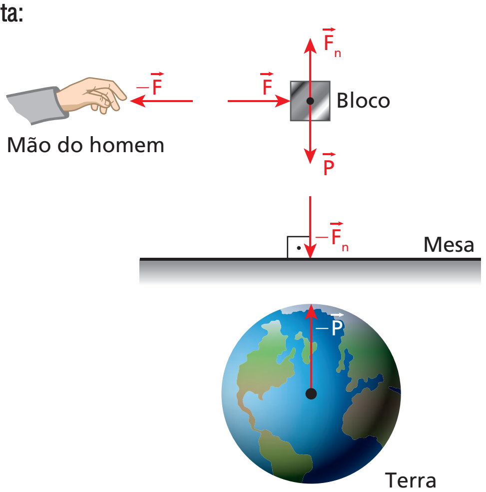
Logo: $\boxed{a = 5{,}0\ m/s^2}$

Resposta: 5,0 m/s²

Página 165

70.

Resposta:



71.

(I) Correta

(II) Correta

Trata-se da reação normal do apoio.

(III) Correta

Trata-se da reação ao peso de Papai Noel.

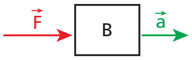
(IV) Errada

Essas forças não constituem entre si um par ação-reação, já que estão aplicadas no mesmo corpo.

Resposta: c

73.

A força que a mola aplica sobre o bloco é a resultante externa que o acelera em relação ao solo.



2ª Lei de Newton:

$F = m_B\ a$

Mas, pela Lei de Hooke, temos:

$F = K\ \Delta x$

Logo:

$m_B\ a = K\ \Delta x$

$30\ a = 1{,}5 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-2}$

Então: $\boxed{a = 5{,}0\ m/s^2}$

Resposta: 5,0 m/s²

75.

a) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$F = (m_A + m_B)\ a \Rightarrow 16 = (6{,}0 + 2{,}0)\ a$

Logo: $\boxed{a = 2{,}0\ m/s^2}$

b) 2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$F_{AB} = m_B\ a \Rightarrow F_{AB} = 2{,}0 \cdot 2{,}0\ (N)$

$\boxed{F_{AB} = 4{,}0\ N}$

Respostas: a) 2,0 m/s²; b) 4,0 N

77.

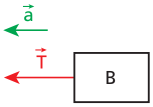
(I) 2ª Lei de Newton para o sistema (A + B):

$F = (m_A + m_B)\ a$

$F = (40 + 100)\ 0{,}5\ (N)$

$\boxed{F = 70\ N}$

(II) 2ª Lei de Newton para o carrinho B:



$T = m_B\ a$

$T = 100\ 0{,}5\ (N)$

$\boxed{F = 50\ N}$

Resposta: c

79.

a) Aplicando-se a 2ª Lei de Newton em cada um dos blocos, temos:

(B): $P_B - T = m_B\ a$ (I)

(A): $T = m_A\ a$ (II)

Somando (I) e (II), temos:

$P_B = (m_A + m_B)\ a$

$1{,}0 \cdot 10 = (4{,}0 + 1{,}0)\ a$

Da qual: $\boxed{a = 2{,}0\ m/s^2}$

b) De (II): $T = 4{,}0 \cdot 2{,}0\ (N)$

$\boxed{T = 8{,}0\ N}$

Respostas: a) 2,0 m/s²; b) 8,0 N

81.

a) Aplicando-se a 2ª Lei de Newton aos blocos **A** e **B**, temos:

$(A): P_A - T = m_A\ a$ (I)

$(B): T - P_B = m_B\ a$ (II)

Somando (I) e (II), temos:

$P_A - P_B = (m_A + m_B)\ a$

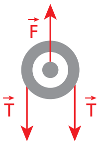
$3{,}0 \cdot 10 - 2{,}0 \cdot 10 = (3{,}0 + 2{,}0)\ a$

Da qual: $\boxed{a = 2{,}0\ m/s^2}$

b) De (II): $T - 2{,}0 \cdot 10 = 2{,}0 \cdot 2{,}0$

$\boxed{T = 24\ N}$

c) Equilíbrio da polia:



$F = 2T$

$F = 2 \cdot 24\ (N) \Rightarrow \boxed{F = 48\ N}$

Respostas: a) 2,0 m/s²; b) 24 N; c) 48 N

83.

a) Etapa (1): $P_{ap_1} = m\ g_{ap_1} \Rightarrow P_{ap_1} = m\ (g + a_1)$

$P_{ap_1} = 70\ (10 + 1{,}0)\ (N) \Rightarrow \boxed{P_{ap_1} = 770\ N}$

Etapa (2): $P_{ap_2} = m\ \ g_{ap_2} \Rightarrow P_{ap_2} = m\ \ g$

$P_{ap_2} = 70 \cdot 10\ (N) \Rightarrow \boxed{P_{ap_2} = 700\ N}$

Etapa (3): $P_{ap_3} = m\ \ g_{ap_3} \Rightarrow P_{ap_3} = m\ \ (g - a_3)$

$P_{ap_3} = 70\ \ (10 - 1{,}0)\ (N) \Rightarrow \boxed{P_{ap_3} = 630\ N}$

b) Queda livre: $P_{ap} = m\ \ g_{ap} \Rightarrow P_{ap} = m\ \ (g - a)$

$P_{ap} = 70\ \ (10 - 10)\ (N) \Rightarrow \boxed{P_{ap} = 0}$

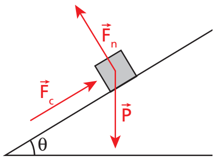
Respostas:

a) Respectivamente, 770 N, 700 N e 630 N;

b) Peso aparente nulo.

85.

a) Na figura:



$\vec{P}$ = peso

$\vec{F}_n$ = reação normal do plano inclinado

$\vec{F}_c$ = reação do calço

b) Aplicando-se o Teorema de Pitágoras para saber o comprimento da rampa:

$x^2 = 3^2 + 4^2$

$x\ = \sqrt{25}\ \Rightarrow x\ = 5\ m$

$F_C = P_t \Rightarrow F_C = P\ sen\ \theta$

$F_C = 5{,}0 \cdot 10\ \frac{3}{5}\ (N) \Rightarrow \boxed{F_C = 30\ N}$

$F_n = P_n \Rightarrow F_n = P\ \ cos\ \theta$

$F_n = 5{,}0 \cdot 10\ \frac{4}{5}\ (N) \Rightarrow \boxed{F_N = 40\ N}$

Respostas: a) Veja resolução; b) 30 N e 40 N

86.

a_1) 2ª Lei de Newton:

$F_{res} = P_t \Rightarrow\ m\ a = m\ g\ sen\ \theta$

Da qual:

$a = g\ sen\ \theta \Rightarrow a = 10\ sen\ 30° \Rightarrow a = 10 \cdot 0{,}50$

$\boxed{a = 5{,}0\ m/s^2}$

a_2) A aceleração independe da massa.

b) $sen\ 30° = \frac{H}{AB} \Rightarrow 0{,}50 = \frac{1{,}25}{AB} \Rightarrow \boxed{AB = 2{,}5\ m}$

MUV: $AB = v_A\ \ t + \frac{a}{2}\ t^2 \Rightarrow 2{,}5 = \frac{5{,}0}{2}\ t^2$

Logo: $\boxed{t = 1{,}0\ s}$

c) MUV: $v_B = v_A + a\ \ t \Rightarrow v_B = 5{,}0\ \ (1{,}0)\ (m/s)$

$\boxed{v_B = 5{,}0\ m/s}$

Respostas: a) 5,0 m/s² e a aceleração independe da massa; b) 1,0 s; c) 5,0 m/s

87.

Jato 1 para acelerar verticalmente.

Jato 3 para frear verticalmente.

Jato 2 para acelerar horizontalmente.

Resposta: d

89.

Aplicando o Princípio Fundamental da Dinâmica para o projétil e o conjunto canhão-carrinho, temos:

$$F_P = m_P \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_P$$

$$F_C = m_C \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_C$$

Ação e reação:

$$F_C = F_P \Rightarrow m_C \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_C = m_P \left(\frac{\Delta v}{\Delta t}\right)_P$$

$2{,}4 \cdot 10^3\ v_C = 20 \cdot 1{,}2 \cdot 10^2$

$\boxed{v_C = 1{,}0\ m/s}$

Resposta: 1,0 m/s

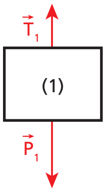
91.

Equilíbrio do bloco (1):

$T_1 = P_1 \Rightarrow \boxed{T_1 = 30 \text{ kgf}}$

Indicação de D_1:

$\boxed{I_1 = T_1 = 30 \text{ kgf}}$

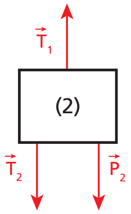


Equilíbrio do bloco (2):

$T_2 + P_2 = T_1$

$T_2 + 10 = 30$

$\boxed{T_2 = 20 \text{ kgf}}$



Indicação de D_2:

$\boxed{I_2 = T_2 = 20 \text{ kgf}}$

Resposta: D_1: 30 kgf; D_2: 20 kgf

92.

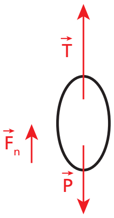
a) A intensidade do peso do homem corresponde à indicação da balança no caso de o dinamômetro não estar tracionado.

Logo: $\boxed{P = 80 \text{ kgf}}$

b) Equilíbrio do homem:

$F_n + T = P \Rightarrow F_n + 10 = 80$

$\boxed{F_n = 70 \text{ kgf}}$



Respostas: a) 80 kgf; b) 70 kgf

93.

2ª Lei de Newton para a barra AC:

$F = M\ a \Rightarrow a = \dfrac{F}{M}$ (I)

2ª Lei de Newton para a fração BC:

$F_{BC} = \dfrac{2\,M}{3}\ a$ (II)

Substituindo (I) em (II), temos: $F_{BC} = \dfrac{2\,M}{3} \cdot \dfrac{F}{M}$

$F_{BC} = \dfrac{2\,F}{3} \Rightarrow \boxed{F_{BA} = F_{BC} = \dfrac{2\,F}{3}}$

Resposta: $\dfrac{2\,F}{3}$

94.

(I) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$F_1 - F_2 = (m_A + m_B)\ a$

$40 - 10 = (3{,}0 + 2{,}0)\ a$

Assim: $\boxed{a = 6{,}0 \text{ m/s}^2}$

(II) 2ª Lei de Newton para o bloco **A**:

$F_1 - F_{BA} = m_A\ a$

$40 - F_{BA} = 3{,}0 \cdot 6{,}0$

$\boxed{F_{BA} = 22 \text{ N}}$

Resposta: d

95.

(I) 2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$T_{máx} = m_B\ a_{máx}$

$32 = 8{,}0\ a_{máx} \Rightarrow \boxed{a_{máx} = 4{,}0 \text{ m/s}^2}$

(II) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$F_{máx} = (m_A + m_B)\ a_{máx}$

$F_{máx} = (2{,}0 + 8{,}0)\ 4{,}0 \text{ (N)}$

$\boxed{F_{máx} = 40 \text{ N}}$

Resposta: 40 N

96.

a) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B + C:

$F = (m_A + m_B + m_C)\ a \Rightarrow 12 = 6{,}0\ a$

$\boxed{a = 2{,}0 \text{ m/s}^2}$

b) 2ª Lei de Newton para o conjunto B + C:

$T_1 = (m_B + m_C)\ a \Rightarrow T_1 = 4{,}0 \cdot 2{,}0 \text{ (N)} \Rightarrow \boxed{T_1 = 8{,}0 \text{ N}}$ (fio 1)

2ª Lei de Newton para o bloco **C**:

$T_2 = m_C\ a \Rightarrow T_2 = 2{,}0 \cdot 2{,}0 \text{ (N)} \Rightarrow \boxed{T_2 = 4{,}0 \text{ N}}$ (fio 2)

Respostas: a) 2,0 m/s²; b) Fio (1): 8,0 N; Fio (2): 4,0 N

97.

(I) 2ª Lei de Newton para o conjunto dos dois flutuadores:

$T_1 - 2\,f = 2\,m\ a$

$800 - 2\,f = 2 \cdot 3{,}2 \cdot 10^3 \cdot 0{,}10 \Rightarrow \boxed{f = 80 \text{ N}}$

(II) 2ª Lei de Newton para o flutuador de trás:

$T_2 - f = m\ a \Rightarrow T_2 - 80 = 3{,}2 \cdot 10^3 \cdot 0{,}10$

$\boxed{T_2 = 400 \text{ N}}$

Resposta: a

98.

(I) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B + C:

$P_A = (m_A + m_B + m_C)\ a \Rightarrow 3\ M\ g = 6\ M\ a$

$\boxed{a = \dfrac{g}{2}}$

(II) 2ª Lei de Newton para o conjunto B + C:

$T = (m_B + m_C)\ a \Rightarrow \boxed{T = \dfrac{3\,M\,g}{2}}$

(III) 2ª Lei de Newton para o bloco **C**:

$F_{BC} = m_C\ a \Rightarrow \boxed{F_{BC} = \dfrac{M\,g}{2}}$

Resposta: Respectivamente, $\dfrac{3\,M\,g}{2}$ e $\dfrac{M\,g}{2}$.

99.

a) (I) $M\ g = 4\,M\,a_I \Rightarrow \boxed{a_I = 1\,\frac{g}{4}}$

(II) $2M\ g = 4\,M\,a_{II} \Rightarrow \boxed{a_{II} = 2\,\frac{g}{4}}$

(III) $3M\ g = 4\,M\,a_{III} \Rightarrow \boxed{a_{III} = 3\,\frac{g}{4}}$

b) (I) $T_I = 3\,M\,a_I \Rightarrow \boxed{T_I = \frac{3}{4}\ M\,g}$

(II) $T_{II} = 2\,M\,a_{II} \Rightarrow \boxed{T_{II} = M\,g}$

(III) $T_{III} = M\,a_{III} \Rightarrow \boxed{T_{III} = \frac{3}{4}\ M\,g}$

Respostas:

a) (I): $1\,\frac{g}{4}$ (II): $2\,\frac{g}{4}$ (III): $3\,\frac{g}{4}$; b) (I): $\frac{3}{4}M\,g$ (II): $M\,g$ (III): $\frac{3}{4}M\,g$

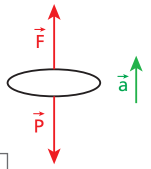
101.

a) (I) $d = \frac{M}{L} \Rightarrow 0{,}25 = \frac{M}{10} \Rightarrow \boxed{M = 2{,}5\text{ kg}}$

(II) 2ª Lei de Newton para o rolo:

$F - P = M\ a \Rightarrow F - M\ g = M\ a$

$30{,}0 - 2{,}5 \cdot 10{,}0 = 2{,}5\ a \Rightarrow \boxed{a = 2{,}0\text{ m/s}^2}$



b) (I) $d = \frac{m}{\ell} \Rightarrow 0{,}25 = \frac{m}{0{,}20} \Rightarrow \boxed{m = 0{,}05\text{ kg}}$

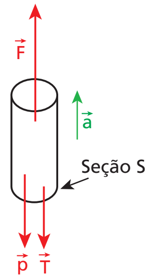
(II) 2ª Lei de Newton para os 20 cm de mangueira logo abaixo da mão do rapaz:

$F - p - T = m\ a$

$F - m\,g - T = m\ a$

$30{,}0 - 0{,}05 \cdot 10{,}0 - T = 0{,}05 \cdot 2{,}0$

$\boxed{T = 29{,}4\text{ N}}$



Respostas: a) 2,0 m/s^2; b) 29,4 N

102.

(I) Correta.

2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$$(M - m)\ g = (M + m)\ a \Rightarrow a = \underbrace{\frac{(M - m)}{M + m}}_{<1} g$$

Logo: $\boxed{a < g}$

(II) Correta.

2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$D_1 - m\ g = m\ a \Rightarrow D_1 = m\ (g + a)$

$$D_1 = m\left[g + \frac{(M - m)}{(M + m)}\ g\right]$$

$$D_1 = m\ g\left(\frac{M + m + M - m}{M + m}\right)$$

Do qual: $\boxed{D_1 = \frac{2M\,m}{M + m}\,g}$

(III) Incorreta.

$D_2 = 2\ D_1 \Rightarrow \boxed{D_2 = \frac{4M\,m}{M + m}\ g}$

(IV) Correta.

$$D_1 = \underbrace{\frac{2 \cdot M}{M + m}}_{>1}\ m\ g \Rightarrow \boxed{D_1 > m\ g}$$

$$D_1 = \underbrace{\frac{2 \cdot m}{M + m}}_{<1} \cdot M\ g \Rightarrow \boxed{D_1 < m\ g}$$

Resposta: d

103.

(I) Aplicando-se a 2ª Lei de Newton para **A** e **B**, vem:

$T - P_A = m_A\,a$ (I)

$P_B - T = m_B\,a$ (II)

I + II: $P_B - P_A = (m_A + m_B)\,a$

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

Da qual: $\boxed{a = 2{,}0\text{ m/s}^2}$

(II) MUV: $v^2 = v_0^2 + 2\alpha \cdot \Delta s$

$v^2 = 2 \cdot 2{,}0 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \boxed{v = 2{,}0\text{ m/s}}$

(III) Queda livre de **B**:

$$\Delta s = v_0\ t + \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow 3{,}0 = 2{,}0\,t + \frac{10}{2}\ t^2$$

$$5{,}0t^2 + 2{,}0t - 3{,}0 = 0 \Rightarrow t = \frac{-2{,}0 \pm \sqrt{4{,}0 + 60}}{10}$$

$$t = \frac{-2{,}0 \pm 8{,}0}{10} \Rightarrow \boxed{t = 0{,}60\text{ s}}$$

Resposta: 0,60 s

104.

(I) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B + C:

$(m_A - m_C)\ g = (m_A + m_B + m_C)\ a$

$(5{,}0 - 2{,}0)\ 10 = (5{,}0 + 3{,}0 + 2{,}0)\ a \Rightarrow \boxed{a = 3{,}0\text{ m/s}^2}$

(II) 2ª Lei de Newton para o bloco **A**:

$m_A\,g - K\ \Delta x = m_A\ a$

$5{,}0 \cdot 10 - 3{,}5 \cdot 10^3 \cdot \Delta x = 5{,}0 \cdot 3{,}0$

$\boxed{\Delta x = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\text{ m} = 1{,}0\text{ cm}}$

Resposta: 1,0 cm

105.

$$\left.\begin{array}{l} A\!: g_{ap_A} < g \Rightarrow F_A < P \\ B\!: g_{ap_B} > g \Rightarrow F_B > P \end{array}\right\}\ \boxed{F_A < P < F_B}$$

Resposta: b

106.

a) Se o “peso” aparente do homem (100 kg) é maior que seu “peso” real (80 kg), então a aceleração do elevador está dirigida para cima. A indicação (I) da balança é diretamente proporcional à intensidade do “peso” do homem:

$I = k\,P \Rightarrow I = k\,m\,g$

Dentro do elevador: $100 = k\,m\,g_{ap}$ (I)
Fora do elevador (em repouso): $80 = k\,m\,10{,}0$ (II)

$$\text{(I) : (II): } \frac{100}{80} = \frac{k\,m\,g_{ap}}{k\,m\,10{,}0} \Rightarrow \boxed{g_{ap} = 12{,}5\ \text{m/s}^2}$$

$$g_{ap} = g + a \Rightarrow 12{,}5 = 10{,}0 + a$$

$$\boxed{a = 2{,}5\ \text{m/s}^2}$$

b) O sentido do movimento do elevador está indeterminado. São possíveis duas situações:
(I) Elevador subindo em movimento acelerado;
(II) Elevador descendo em movimento retardado.

Respostas:
a) Aceleração dirigida para cima, com módulo igual a 2,5 m/s^2.
b) O elevador pode estar subindo em movimento acelerado ou descendo em movimento retardado.

107.

$$P_{ap_{máx}} = m_{máx}\,(g + a)$$

$$4{,}0 \cdot 10^3 = n_{máx} \cdot 50\,(10 + 2{,}0)$$

$n_{máx} \cong 6{,}7$ caixas

Como **n** deve ser inteiro, então:

$$\boxed{n = 6\ \text{caixas}}$$

Resposta: 6 caixas

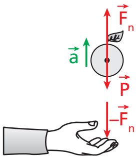
108.

a) 2ª Lei de Newton para a laranja:

$$F_n - P = m\ a$$

$$F_n - 0{,}10 \cdot 10 = 0{,}10 \cdot 2{,}0$$

$$\boxed{F_n = 1{,}2\ \text{N}}$$



b) Dentro do elevador, há uma "gravidade aparente" de intensidade dada por:

$$g_{ap} = g + a$$

Movimento uniformemente variado da laranja:

$$\Delta s = v_0\,t + \frac{g_{ap}}{2}\,t^2$$

$$1{,}5 = \frac{(10 + 2{,}0)}{2}\,t^2 \Rightarrow \boxed{t = 0{,}50\ \text{s}}$$

Respostas: a) 1,2 N; b) 0,50 s

109.

(I) A gravidade aparente estabelecida dentro do elevador é dada por:

$$g_{ap} = g + a \Rightarrow g_{ap} = 10{,}0 + 2{,}0\ (\text{m/s})^2$$

$$\boxed{g_{ap} = 12{,}0\ \text{m/s}^2}$$

(II) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$$(m_A - m_B)\ g_{ap} = (m_A + m_B)\ a'$$

$$(3{,}00 - 1{,}00)\ 12{,}0 = (3{,}00 + 1{,}00)\ a'$$

Da qual: $\boxed{a' = 6{,}00\ \text{m/s}^2}$

(III) Movimento uniformemente variado de **A**:

$$\Delta s = v_0\ t + \frac{a'}{2}\,t^2 \Rightarrow 1{,}92 = \frac{6{,}00}{2}\,t^2$$

$$\boxed{t_2 = 8{,}00 \cdot 10^{-1}\ \text{s}}$$

Resposta: $8{,}00 \cdot 10^{-1}$ s

110.

a) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$$m_A\ g\ \text{sen}\ 30° + m_B\ g = (m_A + m_B)\ a$$

$$6{,}0 \cdot 10 \cdot 0{,}50 + 4{,}0 \cdot 10 = (6{,}0 + 4{,}0)\ a$$

$$\boxed{a = 7{,}0\ \text{m/s}^2}$$

b) 2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$$m_B\ g - T = m_B\ a$$

$$4{,}0 \cdot 10 - T = 4{,}0 \cdot 7{,}0$$

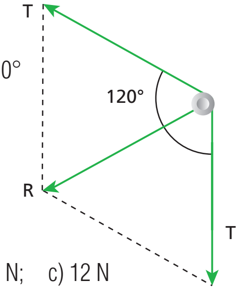
$$\boxed{T = 12\ \text{N}}$$

c) Lei dos cossenos:

$$R^2 = T^2 + T^2 + 2\,T\,T\cos 120°$$

$$R^2 = 2\,T^2 + 2\,T^2 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right)$$

$$\boxed{R = T = 12\ \text{N}}$$



Respostas: a) 7,0 m/s^2; b) 12 N; c) 12 N

111.

a) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B + C:

$$m\ g\ \text{sen}\ 30° = (2\ m + 2\ m + m)\ a$$

Assim: $\boxed{a = \dfrac{g}{10}}$

b) 2ª Lei de Newton para o bloco **A**:

$$T_1 = 2 \cdot m \cdot a \Rightarrow \boxed{T_1 = \frac{m\,g}{5}}\ \text{(fio 1)}$$

2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$$T_2 = (2\,m + 2\,m) \cdot a \Rightarrow T_2 = 4\ m\ \frac{g}{10}$$

$$\boxed{T_2 = \frac{2\,m\,g}{5}}\ \text{(fio 2)}$$

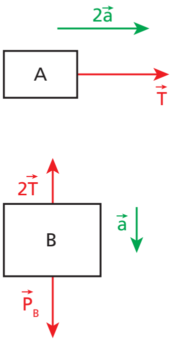
c) $F = m\,g\,\text{sen}\ 30° \Rightarrow \boxed{F = \dfrac{m\,g}{2}}$

Respostas: a) $\dfrac{g}{10}$; b) Fio 1: $\dfrac{m\,g}{5}$; Fio 2: $\dfrac{2\,m\,g}{5}$; c) $\dfrac{m\,g}{2}$

113.

Quando **B** desloca-se verticalmente de uma distância **d**, **A** desloca-se horizontalmente de uma distância 2d. Logo:

$$v_A = 2\,v_B\ \text{ e }\ a_A = 2a_B$$



2ª Lei de Newton:

$$T = M\,2\,a$$

ou

$$2\,T = 4\,M\,a \qquad \text{(I)}$$

2ª Lei de Newton:

$$P_B - 2\,T = m\,a$$

$$m\,g - 2\,T = m\,a \qquad \text{(II)}$$

$$\text{(I) + (II): } m\,g = (4\,M + m)\,a$$

Assim: $\boxed{a = \dfrac{m\,g}{4\,M + m}}$

Resposta: b

114.

a) Sendo **a** a intensidade da aceleração do bloco **A**, a do bloco **B** será $\frac{a}{2}$, já que esse bloco percorre, partindo do repouso, a metade da distância percorrida pelo bloco **A** durante o mesmo intervalo de tempo.

$$a_B = \frac{a}{2} = \frac{2{,}0\ m/s^2}{2} \Rightarrow \boxed{a_B = 1{,}0\ m/s^2}$$

b) 2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$$2T - m_B\,g = m_B\,a_B \Rightarrow 2T - 80 \cdot 10 = 80 \cdot 1{,}0$$

$$\boxed{T = 4{,}4 \cdot 10^2\ N}$$

c) 2ª Lei de Newton para o bloco **A**:

$$m_A\,g - T = m_A\,a_A$$

$$m_A 10 - 4{,}4 \cdot 10^2 = m_A\ 2{,}0$$

$$\boxed{m_A = 55\ kg}$$

Respostas: a) 1,0 m/s²; b) 4,4 · 10² N; c) 55 kg

115.

(I) Equilíbrio do bloco **A** na vertical:

$$T = m_A\,g \Rightarrow T = 2{,}0 \cdot 10\ (N)$$

$$\boxed{T = 20\ N}$$

(II) 2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$$T = m_B\,a_{sist} \Rightarrow 20 = 1{,}0\,a_{sist}$$

$$\boxed{a_{sist} = 20\ m/s^2}$$

(III) 2ª Lei de Newton para o sistema (conjunto A + B + C):

$$F = (m_A + m_B = m_C)\,a_{sist}$$

$$F = 8{,}0 \cdot 20\ (N)$$

$$\boxed{F = 1{,}6 \cdot 10^2\ N}$$

Resposta: 1,6 · 10² N

Página 177

116.

A intensidade da força magnética é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os ímãs. Logo:

$$F = \frac{k}{d^2}$$

em que **k** é uma constante de proporcionalidade.

No equilíbrio, a intensidade da força magnética é igual à intensidade do peso do sistema.

$$F = P \Rightarrow \frac{k}{d^2} = mg$$

No 1º caso: $\frac{k}{(3{,}0)^2} = 900 \cdot g$ (I)

No 2º caso: $\frac{k}{d_2^{\,2}} = (900 - 90) \cdot g$ (II)

Dividindo-se I por II, vem:

$$\frac{k}{(3{,}0)^2} \cdot \frac{d_2^{\,2}}{k} = \frac{900 \cdot g}{810 \cdot g}$$

$$\left(\frac{d_2}{3{,}0}\right)^2 = \frac{10}{9} \Rightarrow \boxed{d_2 \cong 3{,}2\ cm}$$

Resposta: a

117.

(I) Cálculo de F_R:

$$F_R = m\,a_R \Rightarrow F_R = 220 \cdot \frac{2{,}0}{1{,}0} \Rightarrow \boxed{F_R = 440\ N}$$

(II) Cálculo de F:

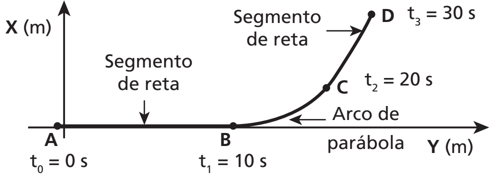
$$4F - F_R = m \cdot a_A \Rightarrow 4F - 440 = 220 \cdot \frac{2{,}0}{2{,}0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4F - 440 = 220 \Rightarrow 4F = 660 \Rightarrow \boxed{F = 165\ N}$$

Resposta: b

118.

a) A trajetória ABCD está esboçada abaixo:



b) A velocidade do corpo na direção **x** permanece constante:

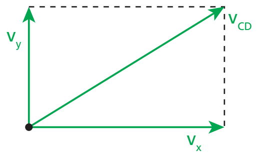
$v_x = 3{,}0$ m/s

Em **B**, a velocidade é nula na direção **y**, mas em **C** sua intensidade é:

$v_y = \alpha t \Rightarrow v_y = 0{,}4 \cdot 10$ (m/s)

$v_y = 4{,}0$ m/s

No trecho CD, o movimento é uniforme e a intensidade da velocidade é obtida compondo-se $\vec{v}_x$ com $\vec{v}_y$.

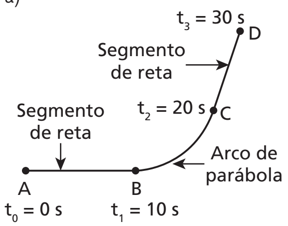


Teorema de Pitágoras:

$$v_{CD}^{\ 2} = v_x^{\ 2} + v_y^{\ 2}$$

$$v_{CD}^{\ 2} = (3{,}0)^2 + (4{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{v_{CD} = 5{,}0\ m/s}$$

Respostas: a)



b) 5,0 m/s

119.

a) $p = mg \Rightarrow p = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 10\ (N) \Rightarrow \boxed{p = 2{,}0 \cdot 10^{-4}\ N}$

b) Situação da figura I: $P_A + np = P_B$ (I)

Situação da figura II: $P_A + F_n = P_B + np$ (II)

Subtraindo (II) de (I), temos:

$$np - F_n = -np \Rightarrow 2np = F_n$$

$$2n2{,}0 \cdot 10^{-4} = 40 \cdot 10^{-3}$$

$$\boxed{n = 100\ formigas}$$

Respostas: a) 2,0 · 10⁻⁴ N; b) 100 formigas.

120.

a) A resultante das forças magnéticas sobre o ímã **2** deve equilibrar o peso desse ímã, sendo, por isso, vertical e dirigida para cima.

$$F_{m_2} = P_2 \Rightarrow F_{m_2} = m_2\,g$$

$$F_{m_2} = 30 \cdot 10^{23} \cdot 10\ (N)$$

$$\boxed{F_{m_2} = 3{,}0 \cdot 10^{-1}\ N}$$

b) A força normal que comprime o prato da balança possui as mesmas características do peso total do sistema (tubo e ímãs). Como a balança está graduada em gramas, sua indicação **I** é dada por:

$$I = m + M_1 + M_2 + M_3 \Rightarrow \boxed{I = 180\ g}$$

É importante salientar que as forças de interação magnética trocadas pelos ímãs não são detectadas pela balança. Isso ocorre porque essas forças são **internas** ao sistema (ação e reação) e sua resultante total é nula.

Respostas: a) Vertical para cima e módulo $3{,}0 \cdot 10^{-1}$ N; b) 180 g

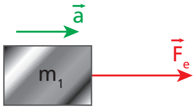
121.

(I)

2ª Lei de Newton para m_1:

$F_e = m_1\,a \Rightarrow K\,\Delta x = m_1 \cdot a$

$50 \cdot 0{,}20 = 2{,}0\,a \Rightarrow \boxed{a = 5{,}0\ m/s^2}$



(II) 2ª Lei de Newton para $m_1 + m_2$:

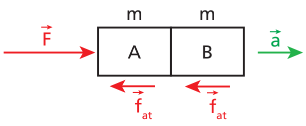
$F = (m_1 + m_2)\,a \Rightarrow F = (2{,}0 + 4{,}0)\,5{,}0$

$\boxed{F = 30\ N}$

Resposta: 5,0 m/s² e 30 N

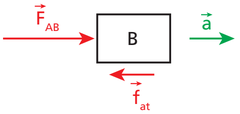
122.

2ª Lei de Newton para o sistema A + B:



$F - 2f_{at} = 2\,m\,a \quad (I)$

2ª Lei de Newton ao bloco **B**:



$F_{AB} - f_{at} = m\,a \quad (II)$

$x\,(-2): \; -2\,F + 2\,f_{at} = -2\,m\,a \quad (II)$

Somando (I) + (II), temos:

$F - 2\,F_{AB} = 0$

$$F_{AB} = \frac{F}{2} = \frac{10{,}0}{2}\ (N)$$

$\boxed{F_{AB} = 5{,}0\ N}$

Resposta: d

123.

a) $F = (m_L + m_A + m_B)\,a$

$60\,000 = 120\,000\,a \Rightarrow \boxed{a = 0{,}50\ m/s^2}$

Entre a locomotiva e o vagão **A**, a força de tração no engate tem intensidade **T**.

$T = (m_A + m_B)\,a \Rightarrow T = 90\,000 \cdot 0{,}50\ (N)$

$\boxed{T = 45\,000\ N}$

Entre o vagão **A** e o vagão **B**, a força de tração no engate tem intensidade **T'**.

$T' = m_B\,a \Rightarrow T = 60\,000 \cdot 0{,}50\ (N)$

$\boxed{T' = 30\,000\ N}$

b) (I) Cálculo da velocidade, em t = 20 s:

$v = 0{,}50 \cdot 20\ (m/s) \Rightarrow \boxed{v = 10\ m/s}$

(II) Cálculo da aceleração, para $20\ s < t \leqslant 40\ s$:

$F = (m_L + m_A)\,a' \Rightarrow 60\,000 = 60\,000\ a'$

$\boxed{a' = 1{,}0\ m/s^2}$

(III) Cálculo da velocidade, em t = 40 s:

$v' = 10 + 1{,}0 \cdot 20 \Rightarrow \boxed{v' = 30\ m/s}$

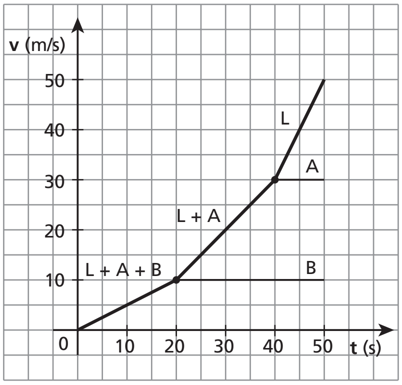
(IV) Cálculo da aceleração, para $40\ s < t \leqslant 50\ s$:

$F = m_L\,a'' \Rightarrow 60\,000 = 30\,000\,a''$

$\boxed{a'' = 2{,}0\ m/s^2}$

(V) Cálculo da velocidade, em t = 50 s:

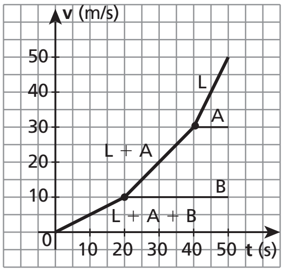
$v'' = 30 + 2{,}0 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{v'' = 50\ m/s}$



Respostas:

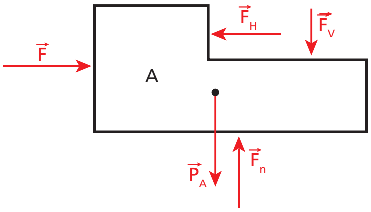
a) 0,50 m/s²; entre a locomotiva e o vagão **A**: 45 000 N; entre os vagões **A** e **B**: 30 000 N.

b)



124.

a)



b) Blocos **A** e **B**: $F = (m_A + m_B)\,a$

$$120 = 9{,}0\,a \Rightarrow \boxed{a = \frac{40}{3}\ m/s^2}$$

Bloco **B**: $F_H = m_B\,a$

$$F_H = 3{,}0 \cdot \frac{40}{3}\ (N) \Rightarrow \boxed{F_H = 40\ N}$$

$F_V = P_B = m_B\,g \Rightarrow F_V = 3{,}0 \cdot 10\ (N)$

$\boxed{F_V = 30\ N}$

Teorema de Pitágoras:

$F_{AB}^2 = F_H^2 + F_V^2 \Rightarrow F_{AB}^2 = (40)^2 + (30)^2$

$\boxed{F_{AB} = 50\text{ N}}$

Respostas:

a) Veja a figura na resolução; b) 50 N

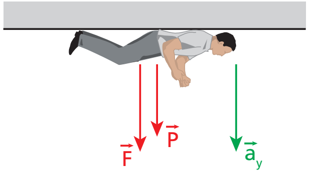
125.

(I) Cálculo da aceleração vertical do avião:

MUV: $\Delta y = v_{0_y} t + \frac{a_y}{2} t^2 \Rightarrow 200 = \frac{a_y}{2} \cdot (4,0)^2$

Da qual: $\boxed{a_y = 25,0\text{ m/s}^2 = 2,5\text{ g}}$

(II) Cálculo de F:



$F + P = m\,a_y \Rightarrow F + P = \frac{P}{g} \cdot 2,5\text{ g}$

Da qual: $\boxed{F = \frac{3}{2} P}$

Resposta: c

126.

(I) 2ª Lei de Newton aplicada ao sistema A + B + C antes de **C** chegar à plataforma

$P_B + P_C = 3\,m\,a \Rightarrow 2\,m\,g = 3\,m\,a$

$\boxed{a = \frac{2}{3}\,g}$

(II) 2ª Lei de Newton aplicada ao par B + C depois de **C** chegar à plataforma:

$P_B = 2\,m\,a' \Rightarrow m\,g = 2\,m\,a'$

$\boxed{a' = \frac{g}{2}}$

Resposta: a

127.

(I) Correta. $m\,g = (M + m)\,a \Rightarrow a = \frac{m}{M+m}\,g$

(II) Correta. $a = \underbrace{\frac{m}{M+m}}_{<1} g \Rightarrow a < g$

(III) Correta. $T = M\,a \Rightarrow T = \underbrace{\frac{M}{M+m}}_{<1} mg \Rightarrow T < m\,g$

(IV) Correta. $T = \underbrace{\frac{m}{M+m}}_{<1} Mg \Rightarrow T < M\,g$

Resposta: a

128.

a) (I) Cálculo da aceleração inicial:

$P_A = (m_A + m_B)\,a \Rightarrow 10 = 2,5\,a$

$\boxed{a = 4,0\text{ m/s}^2}$

(II) Determinação do instante em que **A** atinge o solo:

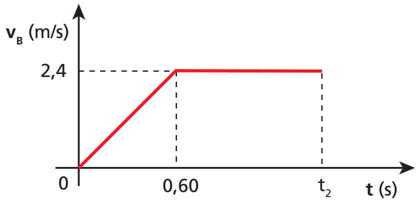
MUV: $\Delta s = v_0 t + \frac{a}{2} t^2 \Rightarrow 0,72 = \frac{4,0}{2} t^2$

$\boxed{t = 0,60\text{ s}}$

Como $t_1 = 0,50$ s é anterior a $t = 0,60$ s, respondemos:

$\boxed{a = 4,0\text{ m/s}^2}$

b)



$v_B = v_{0_B} + a\,t$

$v_B = 4,0 \cdot 0,60\text{ (m/s)}$

$\boxed{v_B = 2,4\text{ m/s}}$

$\Delta s \overset{n}{=} \text{área} \Rightarrow 1,2 = \frac{(t_2 + t_2 - 0,60)\,2,4}{2}$

$\boxed{t_2 = 0,80\text{ s}}$

Respostas: a) 4,0 m/s²; b) 0,80 s

129.

a) 2ª Lei de Newton para o bloco **C**:

$F_{BC} = m_C\,a \Rightarrow 20 = 5,0\,a$

$\boxed{a = 4,0\text{ m/s}^2}$

2ª Lei de Newton para o conjunto A + B + C + D:

$m_D\,g = (m_A + m_B + m_C + m_D)\,a$

$m_D\,10 = (12 + m_D)\,4,0$

$2,5\,m_D = 12 + m_D$

$\boxed{m_D = 8,0\text{ kg}}$

b) 2ª Lei de Newton para o conjunto A+ B + C:

$T = (m_A + m_B + m_C)\,a$

$T = 12 \cdot 4,0\text{ (N)}$

$\boxed{T = 48\text{ N}}$

c) 2ª Lei de Newton para o conjunto B + C:

$F_{AB} = (m_B + m_C)\,a \Rightarrow F_{AB} = 6,0 \cdot 4,0\text{ (N)}$

$\boxed{F_{AB} = 24\text{ N}}$

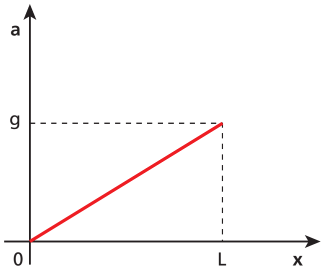
Respostas: a) 8,0 kg; b) 48 N; c) 24 N

130.

2ª Lei de Newton para a corda:

$P_x = M_{total}\, a \Rightarrow m_x\, g = M_{total}\, a$

$k\,x\,g = k\,L\,a \Rightarrow \boxed{a = \frac{g}{L}\,x}$



É importante notar que a massa da corda é diretamente proporcional ao comprimento considerado ($m = k\ \ x$, em que **k** é uma constante de proporcionalidade que traduz a densidade linear da corda).

Resposta: a

131.

a) $P_{ap} - P = m\,a$

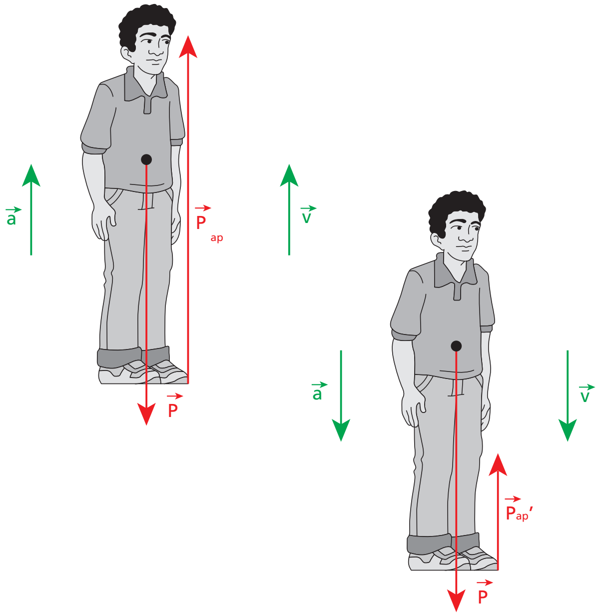
$720 - 60\,g = 60\,a$ (I)

$P - P_{ap}' = m\,a$

$60\,g - 456 = 60\,a$ (II)

De (I) e (II), temos:

$\boxed{g = 9{,}8\ m/s^2 \text{ e } a = 2{,}2\ m/s^2}$



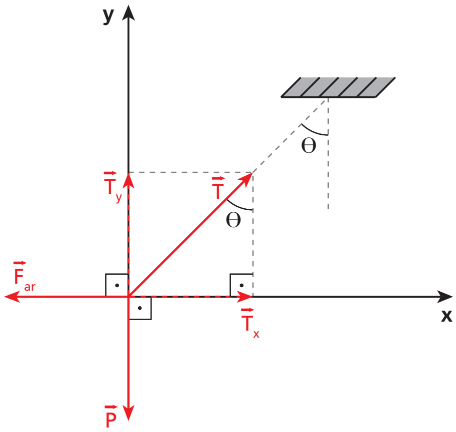
b) $P_{ap}'' = P = m\,g \Rightarrow P_{ap}'' = 60 \cdot 9{,}8\ (N)$

$\boxed{P_{ap}'' = 588\ N}$

Respostas: a) 9,8 m/s² e 2,2 m/s²; b) 588 N

132.

a) No esquema a seguir estão representadas as forças que agem no contêiner: $\vec{P}$ é o peso, $\vec{T}$ é a tração exercida pelo cabo e $\vec{F}_{ar}$ é a força de resistência do ar.



$T_y = T \cos \theta$

$T_x = T \text{ sen } \theta$

Equilíbrio na vertical:

$T_y = P \Rightarrow T \cdot \cos \theta = m\,g$

$T\ 0{,}80 = 400 \cdot 10$

Da qual: $\boxed{T = 5{,}0 \cdot 10^3\ N = 5{,}0\ kN}$

b) Equilíbrio na horizontal:

$F_{ar} = T_x \Rightarrow F_{ar} = T \text{ sen } \theta$

$1{,}2\ v^2 = 5{,}0 \cdot 10^3 \cdot 0{,}60 \Rightarrow v^2 = 2\,500$

Da qual: $\boxed{v = 50\ m/s = 180\ km/h}$

Respostas: a) 5,0 kN; b) 180 km/h

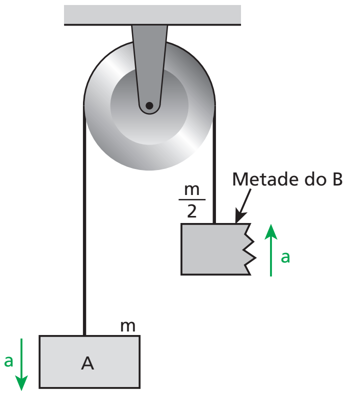
133. Devido à simetria, podemos raciocinar em termos do sistema esquematizado a seguir:

2ª Lei de Newton:

$$\left(m - \frac{m}{2}\right)g = \left(m + \frac{m}{2}\right)a$$

$$\frac{m\,g}{2} = \frac{3\,m}{2}a$$

$$\boxed{a = \frac{g}{3}}$$



Resposta: c

134.

Aplicando a 2ª Lei de Newton à corda, temos:

$P - p = m_{total}\, a$

$K\left(\frac{L}{2} + x\right)g - K\left(\frac{L}{2} - x\right)g = K L a$

$\left(\frac{L}{2} + x - \frac{L}{2} + x\right) g = L\, a \Rightarrow \boxed{a = \frac{2\,g}{L}\, x}$

Resposta: b

135.

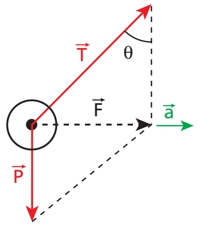
a) De **A** para **B**, pois $\vec{a}$ deve ter a mesma orientação da força resultante na esfera.

b) $\text{tg}\,\theta = \frac{F}{P} = \frac{m\,a}{m\,g}$

$a = g\,\text{tg}\,\theta$

$a = 10\,\text{tg}\,45°$

$\boxed{a = 10\ \text{m/s}^2}$



c) Pode ser de **A** para **B** ou de **B** para **A**.

Respostas: a) De **A** para **B**; b) 10 m/s²; c) A orientação de $\vec{v}$ está indeterminada, podendo ser de **A** para **B** ou de **B** para **A**.

136.

(I) Correta.

$\boxed{T_1 = (m + M)\,g \ \text{ e } \ T_2 = m\,g}$

(II) Incorreta.

2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$T_1' - (m + M)\ g = (m + M)\ a$

$\boxed{T_1' = (m + M)\,(g + a)}$

2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$T_2' - M\ g = M\ a \Rightarrow \boxed{T_2' = M\,(g + a)}$

(III) Correta.

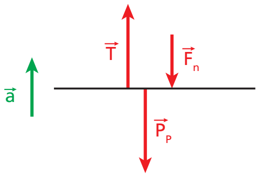
$$\boxed{\frac{T_1'}{T_1} = \frac{T_2'}{T_2} = \frac{g + a}{g}}$$

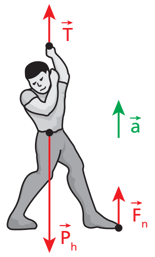
Os fios sofrem o mesmo acréscimo percentual da tração.

Resposta: e

137.

As forças que agem na plataforma e no homem estão apresentadas a seguir:





Plataforma: $T - F_n - P_P = m_P\, a$ (I)

Homem: $T + F_n - P_h = m_h\, a$ (II)

a) (I) + (II): $2\,T - (P_P + P_h) = (m_P + m_h)a \Rightarrow \boxed{T = 7{,}5 \cdot 10^2\ \text{N}}$

b) De (II): $7{,}5 \cdot 10^2 + F_n - 800 = 400 \Rightarrow \boxed{F_N = 4{,}5 \cdot 10^2\ \text{N}}$

Resposta: a) 7,5 · 10² N

b) 4,5 · 10² N

138.

a) A resultante das forças na polia deve ser nula. Assim:

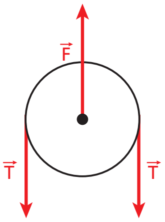
$F = 2\,T \Rightarrow T = \frac{F}{2} = \frac{720}{2}$ (N)

$\boxed{T = 360\ \text{N}}$

Na mola: $F_e = T = 360$ N

$F_e = K\,\Delta x \Rightarrow 360 = K\,0{,}50$

$\boxed{K = 720\ \text{N/m}}$



b) Tanto o bloco **A** como o **B** são solicitados verticalmente para cima, pela tração do fio (T = 360 N). Quanto ao bloco **A**, permanecerá em repouso sobre a balança, pois a tração que recebe do fio é insuficiente para vencer seu peso.

$\boxed{a_A = 0}$

O bloco **B** será acelerado verticalmente para cima, pois a tração que recebe do fio é suficiente para vencer seu peso.

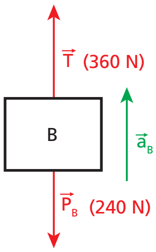
$T - P_B = m_B\, a_B$

$360 - 240 = 24\, a_B$

$\boxed{a_B = 5{,}0\ \text{m/s}^2}$

$a_{polia} = \frac{a_B}{2} = \frac{5{,}0}{2}\ (\text{m/s}^2)$

$\boxed{a_{polia} = 2{,}5\ \text{m/s}^2}$

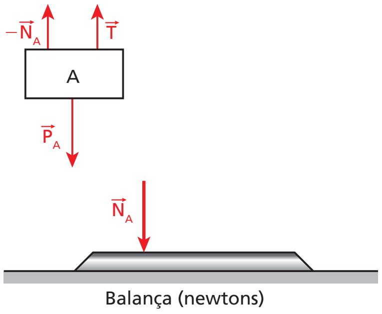


c) Como o bloco **B** sobe, apenas o bloco **A** comprime a plataforma da balança.

$N_A + T = P_A$

$N_A + 360 = 400$

$\boxed{N_A = 40\ \text{N}}$



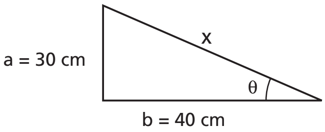
Respostas: a) 720 N/m;

b) **A**: zero; **B**: 5,0 m/s² e **polia**: 2,5 m/s²;

c) 40 N

139.

A indicação (I) da balança corresponde à força normal de compressão que o objeto exerce sobre sua plataforma. Essa força, nesse caso, tem intensidade igual à da componente normal ($\vec{P}_n$) do peso do objeto:



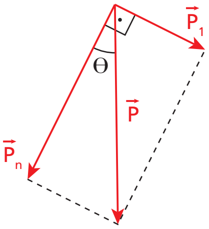
$x^2 = (30)^2 + (40)^2$

$\boxed{x = 50\text{ cm}}$

$I = P_n \Rightarrow I = P\cos\theta$

$I = P\,\dfrac{b}{x} = 100\,\dfrac{40}{50}$ (N)

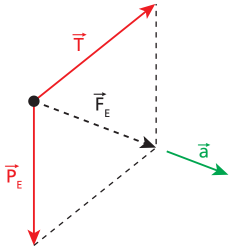
$\boxed{I = 80\text{ N}}$



Resposta: d

140.

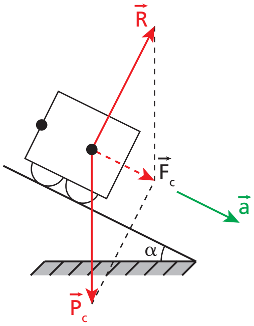
(I) Falsa. Tendo em vista a posição do pêndulo, concluímos que a aceleração do sistema é paralela ao plano inclinado e dirigida para baixo, em que:
$\vec{F}_E$ é a força resultante na esfera.
Assim, o carrinho pode descer em movimento acelerado ou subir em movimento retardado.



(II) Falsa. O movimento do caminhão não é uniforme.

(III) Verdadeira. A força resultante do carrinho ($\vec{F}_C$) deve ter a mesma orientação de $\vec{F}_E$. Para que isso ocorra, o carrinho deve receber do plano inclinado uma força de contato $\vec{R}$ perpendicular à rampa, como indica a figura ao lado:

Sendo $\vec{R}$ perpendicular à rampa, conclui-se que não há atrito entre a superfície do plano inclinado e o carrinho.

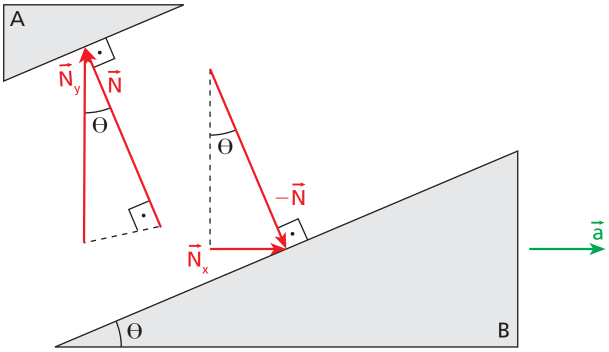


Resposta: e

141.

a) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B: $\boxed{F = (M_A + M_B)\,a}$

b) Como não há atrito entre as cunhas, a força $\vec{N}$ é perpendicular às superfícies de contato, como está representado a seguir:



em que:
$\vec{N}_x$ é a resultante externa que acelera a cunha **B**. Logo:

$\vec{N}_x = M_B\,a$

$\vec{N}_y$ equilibra o peso da cunha **A**. Logo:

$\vec{N}_y = M_A\,g$

Aplicando-se o Teorema de Pitágoras, obtém-se:

$N^2 = N_x^{\,2} + N_y^{\,2}$

$\boxed{N = \sqrt{M_B^{\,2}\,a^2 + M_B^{\,2}\,g^2}}$

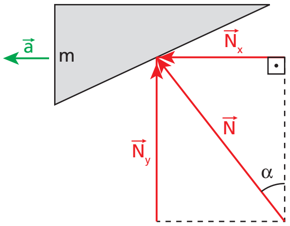
c) $\text{tg}\,\theta = \dfrac{N_x}{N_y} \Rightarrow \boxed{\text{tg}\,\theta = \dfrac{M_B\,a}{M_A\,g}}$

Resposta: a) $F = (M_A + M_B)a$

b) $N = \sqrt{M_B^{\,2}\,a^2 + M_A^{\,2}\,g^2}$

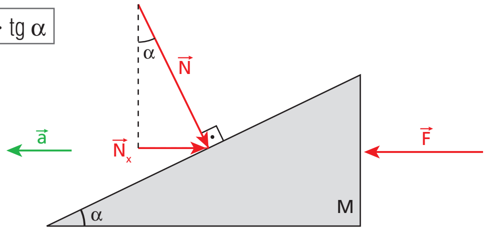
c) $\text{tg}\,\theta = \dfrac{M_B\;a}{M_A\;g}$

142.



$\text{tg}\,\alpha = \dfrac{N_x}{N_y} = \dfrac{m\,a}{m\,g}$

$\boxed{a = g \cdot \text{tg}\,\alpha}$



2ª Lei de Newton para a massa **M**:

$F - N_x = M\,a$

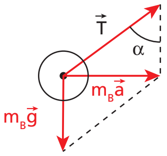
$F - m\,a = M\,a$

$F = (M + m)\,a \Rightarrow \boxed{F = (M + m)\,g\,\text{tg}\,\alpha}$

Resposta: d

143.

Cálculo da aceleração:

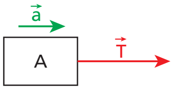


Corpo **B** $\begin{cases} T\cos\alpha = m_B\,g \\ T\,\text{sen}\,\alpha = m_B\,a \end{cases}$

Aplicando o Teorema de Pitágoras:

$T^2 = (m_B\,g)^2 + (m_B\,a)^2$ (I)

Corpo **A** $\Rightarrow T = m_A\,a$ (II)



De (I) e (II), obtemos:

$(m_A\,a)^2 = (m_B\,g)^2 + (m_B\,a)^2$

$(10{,}0\,a)^2 = (6{,}00 \cdot 10{,}0)^2 + (6{,}00\,a)^2$

$\boxed{a = 7{,}50\text{ m/s}^2}$

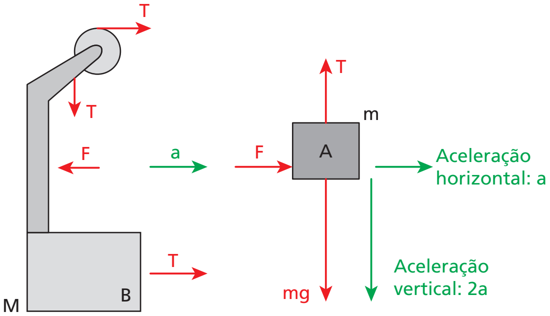
Cálculo da força:

$F = (m_A + m_B + m_C)\,a \Rightarrow F = 160 \cdot 7{,}50$ (N)

$\boxed{F = 1{,}20 \cdot 10^3\ \text{N}}$

Resposta: $1{,}20 \cdot 10^3$ N

144.



Movimento horizontal do corpo **A**:

$F = m\,a$ (I)

Movimento horizontal do corpo **B**:

$2T - F = M\,a$ (II)

(I) em (II): $2\,T - m\,a = M\,a$

$T = \frac{(m + M)}{2}\,a$ (III)

Movimento vertical do corpo **A**:

$m\,g - T = m\,2\,a$ (IV)

(III) em (IV): $m\,g - \frac{(m + M)}{2}\,a = m\,2\,a$

$m\,g = \left(2\,m + \frac{(m + M)}{2}\right)a$

$a = \frac{2\,m}{5\,m + M}\,g$

Observando que a aceleração vertical do corpo **A** tem intensidade igual ao dobro da aceleração horizontal do conjunto A + B, temos:

$a_A = 2\,a \Rightarrow \boxed{a_A = \frac{4\,m}{5\,m + M}\,g}$

MUV: $\Delta s = v_0 t + \frac{a}{2}\,t^2$

$h = \frac{4\,m}{2\,(5\,m + M)}\,g\,t^2 \Rightarrow \boxed{t = \sqrt{\frac{(5\,m + M)\,h}{2\,m\,g}}}$

Resposta: $\sqrt{\frac{(5\,m + M)\,h}{2\,m\,g}}$

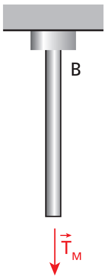
145.

a) $\mu = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \mu\,v \Rightarrow m = \mu\,\frac{4}{3}\,\pi\,R^3$ (I)

$P = m\ g$ (II)

(I) em (II):

$\boxed{P = \frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,g\,R^3}$



b) $T_M = P + \frac{P_{cabo}}{2} \Rightarrow T_M = \frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,g\,R^3 + \frac{m_{cabo}\,g}{2}$ (III)

$\rho = \frac{m_{cabo}}{L} \Rightarrow m_{cabo} = \rho\,L$ (IV)

(IV) em (III):

$\boxed{T_M = \frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,g\,R^3 + \frac{\rho\,L\,g}{2}}$

c) No ponto **A**:

$T_A = P \Rightarrow \boxed{T_A = \frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,g\,R^3}$

No ponto **B**:

$T_B = P + P_{cabo} \Rightarrow \boxed{T_B = \frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,g\,R^3 + \rho\,L\,g}$

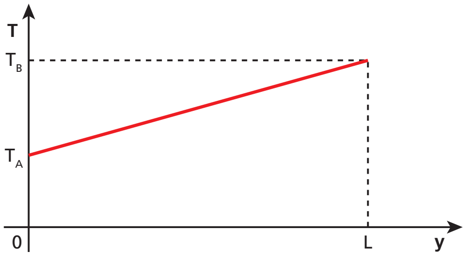
Como a densidade linear do cabo de aço é constante, a intensidade da força de tração vai crescer uniformemente de **A** para **B** e o gráfico será um segmento de reta oblíquo.

Respostas:

a) $\frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,g\,R^3$

b) $\frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,g\,R^3 + \frac{\rho\,L\,g}{2}$

c)



$T_A = \frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,g\,R^3$

$T_B = \frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,g\,R^3 + \rho L g$

146.

a) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$(m_A - m_B)\,g = (m_A + m_B)\,a$

$(6{,}0 - 2{,}0)\,10 = (6{,}0 + 2{,}0)\,a \Rightarrow \boxed{a = 5{,}0\ \text{m/s}^2}$

MUV (Equação de Torricelli):

$v^2 = v_0^2 + 2\,a\,\Delta s$

$v^2 = 2 \cdot 5{,}0 \cdot 1{,}6$

$\boxed{v = 4{,}0\ \text{m/s}}$

b) Após a colisão de **A** com o solo, **B** continua subindo em movimento uniformemente retardado, com aceleração escalar $\alpha = -10$ m/s².

$v^2 = v_0^2 + 2\,\alpha\,\Delta s'$

$0 = (4{,}0)^2 + 2\,(-10)\,\Delta s'$

$\boxed{\Delta s' = 0{,}80\ \text{m}}$

$\Delta s_B = \Delta s + \Delta s'$

$\Delta s_B = 1{,}6 + 0{,}80$ (m)

$\boxed{\Delta s_B = 2{,}4\ \text{m}}$

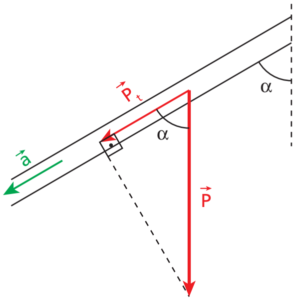
Respostas: a) 4,0 m/s; b) 2,4 m

147.

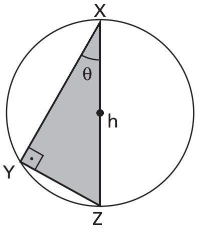
a) A força resultante responsável pela aceleração da esfera ao longo da canaleta é a componente tangencial do seu peso.

$F = P_t \Rightarrow m \cdot a = M \cdot g \cdot \cos\alpha$

$\boxed{a = g \cdot \cos\alpha}$



b) É fundamental recordar inicialmente que qualquer triângulo inscrito em uma semicircunferência, com um lado igual ao diâmetro (comprimento **h**), é **retângulo**.



$\cos\theta = \dfrac{XY}{h}$

$\boxed{XY = h\cos\theta}$

Cálculo de t_{AB}:

$$t_{AB} = \sqrt{\frac{2\,AB}{g\cos\alpha}} = \sqrt{\frac{2h\cos\alpha}{g\cos\alpha}}$$

Logo: $\boxed{t_{AB} = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}}$

Cálculo de t_{AC}:

$\boxed{t_{AC} = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}}$

Cálculo de t_{AD}:

$$t_{AD} = \sqrt{\frac{2\,AD}{g\cos\beta}} = \sqrt{\frac{2h\cos\beta}{g\cos\beta}}$$

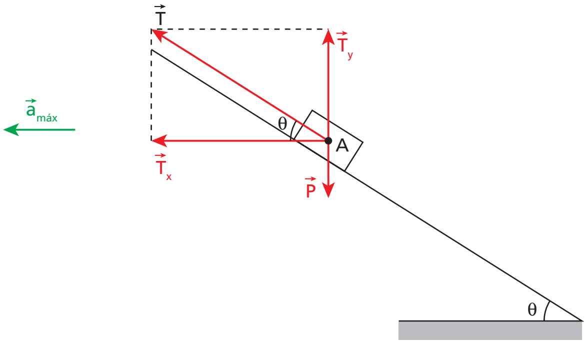
Assim: $\boxed{t_{AC} = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}}$

Portanto: $\boxed{t_{AB} = t_{AC} = t_{AD}}$

Respostas: a) $g \cos\alpha$; b) $t_{AB} = t_{AC} = t_{AD}$

148.

(I) No caso em que a intensidade de $\vec{F}$ é máxima, a força de contato entre **A** e **B** é nula.



$$\text{tg}\,\theta = \frac{T_y}{T_x} = \frac{m\,g}{m\,a_{máx}}$$

$\boxed{a_{máx} = g\,\text{cotg}\,\theta}$

(II) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$F_{máx} = (M + m)\,a_{máx}$

$\boxed{F_{máx} = (M + m)\,g\,\text{cotg}\,\theta}$

Resposta: $(M + m)\,g\,\text{cotg}\,\theta$

149.

2ª Lei de Newton para a corda toda:

$M_{total}\,a = m_x\,g + (M_{total} - m_x)\,g\,\text{sen}\,30°$

$K\,L\,a = K\,x\,g + K(L - x)\,\dfrac{g}{2}$

$\boxed{a = \dfrac{g}{2\,L}\,(x + L)}$

Para $g = 10\ \text{m/s}^2$ e $x = \dfrac{L}{2}$, temos:

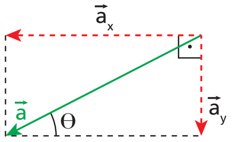
$a = \dfrac{10}{2L}\left(\dfrac{L}{2} + L\right)$

$\boxed{a = 7{,}5\ \text{m/s}^2}$

Resposta: c

150.

a) A aceleração vetorial, $\vec{a}$, do garoto é paralela à rampa e dirigida para baixo. Essa aceleração admite uma componente horizontal $\vec{a}_x$, dirigida para a esquerda e uma componente vertical $\vec{a}_y$, dirigida para baixo, conforme representa o esquema a seguir:



Devido à aceleração $\vec{a}_x$, o corpo do garoto requer uma força de atrito nesta mesma direção e sentido, isto é, horizontal e dirigida para a esquerda.

b)

(I) Cálculo de $|\vec{a}|$:

$F_{res} = P_t \Rightarrow ma = mg\,\text{sen}\,\theta$

$a = g\,\text{sen}\,\theta$ (I)

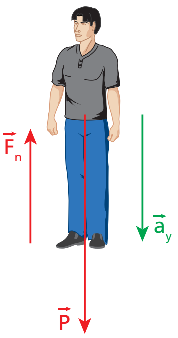
(II) Cálculo de $|\vec{a}_y|$:

$P - F_n = m\,a_y$

$mg - m_{ap}\,g = m\,a_y$

$10{,}0\,(56 - 42) = 56\,a_y$

Da qual: $\boxed{a_y = 2{,}5\ \text{m/s}^2}$



(III) Cálculo de θ:

$a_y = a\,\text{sen}\,\theta$ (II)

Substituindo I em II, vem:

$a_y = g\,\text{sen}\,\theta \cdot \text{sen}\,\theta \Rightarrow a_y = g\,\text{sen}^2\,\theta$

$2{,}5 = 10{,}0 \cdot \text{sen}^2\,\theta \Rightarrow \text{sen}^2\,\theta = 0{,}25$

$\text{sen}\,\theta = 0{,}50 \Rightarrow \boxed{\theta = 30°}$

Respostas: a) A força de atrito nos pés do garoto é horizontal e dirigida para a esquerda; b) $\theta = 30°$

151.

a) Apliquemos aos blocos **A** e **B** a 2ª Lei de Newton:

A: $T - P_{t_A} = m \cdot a \quad (I)$

B: $P_{t_B} - T = m \cdot a \quad (II)$

Adicionando-se as equações I e II, vem:

$P_{t_B} - P_{t_A} = 2m \cdot a$

$mg \text{ sen } (90° - \theta) - mg \text{ sen } \theta = 2 \text{ ma}$

$g (\cos \theta - \text{sen } \theta) = 2a$

Da qual: $\boxed{a = \frac{g}{2} (\cos \theta - \text{sen } \theta)}$

A intensidade da aceleração é máxima quando $\cos \theta - \text{sen } \theta = \pm 1$

Nesse caso, tem-se:

(I) Para $\theta_1 = 0°$: $\cos \theta_1 = 1$ e $\text{sen } \theta_1 = 0$

Logo: $a_1 = \frac{g}{2}$ e o movimento ocorre no sentido horário.

(II) Para $\theta_2 = 90°$: $\cos \theta_2 = 0$ e $\text{sen } \theta_2 = 1$

Logo: $a_2 = -\frac{g}{2}$ e o movimento ocorre no sentido anti-horário.

b) Da equação I:

$T - P_{t_A} = ma \Rightarrow T - mg \text{ sen } \theta = ma$

(I) Para $\theta_1 = 0°$: $T_1 - 2{,}0 \cdot 10{,}0 \cdot \text{sen } 0° = 2{,}0 \cdot \frac{10{,}0}{2}$

Da qual: $\boxed{T_1 = 10{,}0 \text{ N}}$

(II) Para $\theta_2 = 90°$: $T_2 - 2{,}0 \cdot 10{,}0 \cdot \text{sen } 90° = 2{,}0 \cdot \left(-\frac{10{,}0}{2}\right)$

Da qual: $\boxed{T_2 = 10{,}0 \text{ N}}$

c) Se $\theta = 45°$, $\text{sen } \theta = \cos \theta$ e $a = 0$.

Nesse caso, os blocos permanecem em equilíbrio.

Respostas:

a) $a = \frac{g}{2} (\cos \theta - \text{sen } \theta)$; $\theta_1 = 0°$ e $\theta_2 = 90°$

b) $T_1 = 10{,}0$ N e $T_2 = 10{,}0$ N

c) $\theta = 45°$

152.

Com o sistema quadro-pêndulo em queda livre na posição vertical, a gravidade aparente nesse sistema será nula. Tudo se passa, no referencial do sistema quadro-pêndulo, como se a gravidade tivesse sido "desligada".

Nesse caso, o pêndulo prosseguirá seu movimento por inércia e, no referencial do quadro, o disco terá trajetória circular com velocidade escalar constante de 2,0 m/s (MCU).

Assim, o tempo que o disco demandará para realizar uma volta completa será o período do MCU.

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow 2{,}0 = \frac{2 \cdot 3 \cdot 0{,}40}{T}$$

Da qual: $\boxed{T = 1{,}2 \text{ s}}$

Resposta: 1,2 s

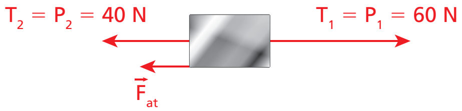
Tópico 2 – Atrito entre sólidos

Página 190

1.

a) A força de atrito no bloco de massa 10 kg é dirigida para a esquerda, em sentido contrário ao da tendência do movimento, que é no sentido horário.

b)



Bloco em repouso:

$F_{at} + T_2 = T_1 \Rightarrow F_{at} + 40 = 60$

$\boxed{F_{at} = 20 \text{ N}}$

Respostas: a) Para a esquerda; b) 20 N

2.

$F = F_{at_d} \Rightarrow F = \mu_e \cdot P \Rightarrow 20 = \mu_e \cdot 100$

$\boxed{\mu_e = 0{,}20}$

Resposta: 0,20

3.

$T = F_{at_d} \Rightarrow M \cdot g = \mu_e \cdot m \cdot g \Rightarrow M = \mu_e m \Rightarrow M = 0{,}40 \cdot 70 \text{ (kg)}$

$\boxed{M = 28 \text{ kg}}$

Resposta: 28 kg

5.

a) $F = F_{at_d} \Rightarrow F = \mu_e \cdot m \cdot g \Rightarrow F = 0{,}10 \cdot 2{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10 \text{ (N)}$

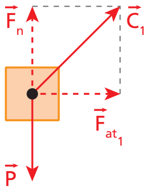
$\boxed{F = 2{,}0 \cdot 10^2 \text{ N}}$

b) Como $F < F_{at_d}$ (50 N < 200 N), a caixa permanece em repouso e a força de atrito estático que age sobre ela é $F_{at} = F = 50$ N.

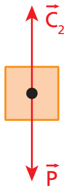
Respostas: a) $2{,}0 \cdot 10^2$ N; b) 50 N

7. De 0 a t_1, o movimento é retilíneo e uniformemente acelerado e o tijolo tende a escorregar para trás.

$\vec{C}_1 = \vec{F}_{at_1} + \vec{F}_n$

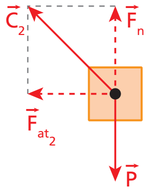


De t_1 a t_2, o movimento é retilíneo e uniforme e o tijolo está em equilíbrio, sem nenhuma tendência de escorregamento.



$\vec{C}_2 + \vec{P} = \vec{0}$, com $\vec{C}_2 = \vec{F}_n$

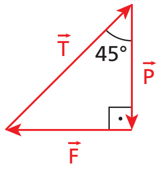
De t_2 a t_3, o movimento é retilíneo e uniformemente retardado e o tijolo tende a escorregar para a frente.



$\vec{C}_2 = \vec{F}_{at_2} + \vec{F}_n$

Resposta: d

8.



O triângulo de forças é retângulo e isósceles. Logo:

$P = F$ ou $P = F_{at_d} \Rightarrow N \cdot m \cdot g = F_{at_d} \Rightarrow$

$\Rightarrow N \cdot 15 \cdot 10 = 500$

$\boxed{N \cong 3{,}33 \text{ blocos}}$

Para que a força de atrito de destaque seja vencida e o contêiner entre em movimento, deve-se pendurar, no mínimo, 4 blocos.

Resposta: d

9.

a) $F_{at_d} = \mu_e\ F_n = \mu_e\ P_B \Rightarrow F_{at_d} = 0{,}10 \cdot 80\ (N)$

$\boxed{F_{at_d} = 8{,}0\ N}$

$F = P_{prato} + 2\ p \Rightarrow F = 1{,}0 + 2 \cdot 0{,}10 \cdot 10\ (N)$

$\boxed{F = 3{,}0\ N}$

Como $F < F_{at_d}$, o sistema permanece em repouso e a força de atrito estático exercida em **B** vale 3,0 N.

b) $P_{prato} + n \cdot p = F_{at_d} \Rightarrow 1{,}0 + n\ 0{,}10 \cdot 10 = 8{,}0$

$\boxed{n = 7 \text{ bloquinhos}}$

Respostas: a) 3,0 N; b) 7 blocos.

10.

(I) Caixa vazia:

$F_1 = F_{at_{d_1}} \Rightarrow F_1 = \mu_e\ P_1$

$5{,}0 = \mu_e\ 20 \Rightarrow \boxed{\mu_e = 0{,}25}$

(II) Caixa com água:

$F_2 = F_{at_{d_2}} \Rightarrow F_2 = \mu_e\ (P_1 + mg)$

$30 = 0{,}25\ (20 + m \cdot 10)$

$\boxed{m = 10\ kg}$

Resposta: 10 kg

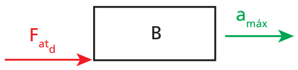
11.

$P_t = F_{at_d} \Rightarrow P\ \text{sen}\ \theta = \mu_e\ P\ \cos\theta$

$\text{tg}\ \theta = \mu_e = 1 \Rightarrow \boxed{\theta = 45°}$

Resposta: $\theta = 45°$

13.



(I) 2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$F_{at_d} = m_B\ a_{máx}$

$\mu_e\ m_B\ g = m_B\ a_{máx} \Rightarrow a_{máx} = \mu_e\ g$

$a_{máx} = 0{,}50 \cdot 10\ (m/s^2) \Rightarrow \boxed{a_{máx} = 5{,}0\ m/s^2}$

(II) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$F_{máx} = (m_a + m_b)\ a_{máx} \Rightarrow F_{máx} = (4{,}0 + 6{,}0)\ (5{,}0)\ (N)$

$\boxed{F_{máx} = 50\ N}$

Resposta: 50 N

14.

Do exercício resolvido 12, tem-se:

$a_{máx} = \mu_e \cdot g$

$a_{máx_{(A)}} = 0{,}35 \cdot 10 = 3{,}5\ m/s^2$

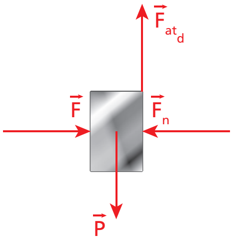
$a_{máx_{(B)}} = 0{,}30 \cdot 10 = 3{,}0\ m/s^2$

A maior aceleração (ou desaceleração) permitida ao caminhão sem que nenhuma caixa escorregue é $a_{máx_{(B)}} = 3{,}0\ m/s^2$.

Resposta: b

16.

a)



Equilíbrio do bloco:

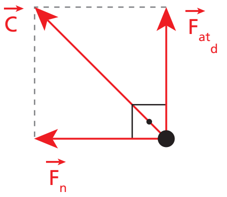
Na horizontal: $F = F_n$

Na vertical: $F_{atd} = P \Rightarrow \mu_e \cdot F_n = P$

Logo:

$\mu_e \cdot F = P \Rightarrow 0{,}75\ F = 30\ \boxed{F = 40\ kg\ f}$

b) As forças aplicadas pela parede na caixa são: a força normal $\vec{F}_n$ ($Fn = F = 40$ kgf) e a força de atrito de destaque $\vec{F}_{at_d}$ ($F_{at_d} = P = 30$ kgf). A força total de contato que a parede aplica na caixa ($\vec{C}$) fica determinada por:



Teorema de Pitágoras:

$C^2 = F_n{}^2 + F_{at_d}{}^2 \Rightarrow C^2 = (40)^2 + (30)^2$

$\boxed{C = 50\ kgf}$

Respostas: a) 40 kgf; b) 50 kgf

17.

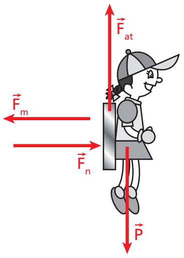
a) Observe a figura:

$\vec{P}$ = força peso

$\vec{F}_{at}$ = força de atrito

$\vec{F}_m$ = força magnética

$\vec{F}_n$ = força normal da parede



b) Equilíbrio na horizontal:

$F_n = F_m$ (I)

Equilíbrio na vertical:

$F_{at} = P$ (II)

Para que a bonequinha não caia, o atrito entre o ímã e a porta da geladeira deve ser do tipo estático:

$F_{at} \leqslant F_{at_d} \Rightarrow F_{at} \leqslant \mu\ F_n$ (III)

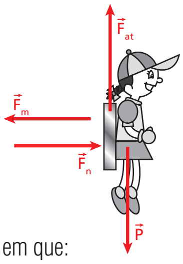
Substituindo (I) e (II) em (III), vem:

$P \leqslant \mu\ F_m \Rightarrow m\ g \leqslant \mu\ F_m$

$$F_m \geqslant \frac{m \cdot g}{\mu} \Rightarrow F_m \geqslant \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0,50}\ (N)$$

$F_m \geqslant 0,40\ N \Rightarrow \boxed{F_{m_{mín}} = 0,40\ N}$

Respostas: a)



em que:

$\vec{P}$ = força da gravidade (peso)

$\vec{F}_{at}$ = força de atrito

$\vec{F}_m$ = força magnética

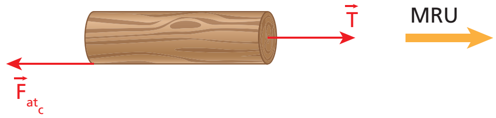
$\vec{F}_n$ = reação normal da parede

$\vec{C} = \vec{F}_{at} + \vec{F}_n$ é a força total de contato entre a bonequinha e a porta da geladeira

b) 0,40 N

Página 196

18.



$F_{at_c} = T \Rightarrow \mu_c \cdot P = T \Rightarrow \mu_c \cdot 4,0 \cdot 10^3 = 2,0 \cdot 10^3$

$\boxed{\mu_c = 0,50}$

Resposta: 0,50

19.

(I) $F_{at_d} = \mu_e \cdot F_n = \mu_e \cdot P \Rightarrow F_{at_d} = 0,30 \cdot 40\ (N)$

$\boxed{F_{at_d} = 12\ N}$

(II) $F_{at_c} = \mu_c \cdot F_n = \mu_c \cdot P \Rightarrow F_{at_c} = 0,25 \cdot 40\ (N)$

$\boxed{F_{at_c} = 10\ N}$

(III) O bloco entrará em movimento se a intensidade de $\vec{F}$ superar a intensidade da força de atrito de destaque, isto é, $F > 12$ N.
Com $F = 30$ N, o bloco entrará em movimento acelerado e a força de atrito sobre ele será do tipo cinético ($F_{at_c} = 10$ N).
Aplicando-se a 2ª Lei de Newton:

$$F - F_{at_c} = m \cdot a \Rightarrow 30 - 10 = \frac{40}{10} \cdot a$$

$\boxed{a = 5,0\ m/s^2}$

Resposta:

F(N)	F_{at} (N)	a (m/s²)
10	10	0
12	12	0
30	10	5,0

21.

a) O esquiador é freado pela força de atrito. Logo, aplicando-se a 2ª Lei de Newton:

$F_{res} = F_{at_c} \Rightarrow m \cdot a = \mu_c \cdot m \cdot g \Rightarrow a = \mu_c \cdot g \Rightarrow a = 0,20 \cdot 10\ (m/s^2)$

$\boxed{a = 2,0\ m/s^2}$

b) MUV:

$v^2 = v_0^{\ 2} + 2\alpha \cdot \Delta s$

$0 = (20)^2 + 2(-2,0) \cdot \Delta s \Rightarrow \boxed{\Delta s = 100\ m}$

$v = v_0 + \alpha \cdot t \Rightarrow 0 = 20 - 2,0t \Rightarrow \boxed{t = 10\ s}$

Respostas: a) 2,0 m/s²; b) 100 m; 10 s

22.

a) $F_{at_A} = \mu \cdot m_A \cdot g \Rightarrow F_{at_A} = 0,60 \cdot 2,0 \cdot 10 = 12\ N$

$F_{at_B} = \mu \cdot m_B \cdot g \Rightarrow F_{at_B} = 0,60 \cdot 3,0 \cdot 10 = 18\ N$

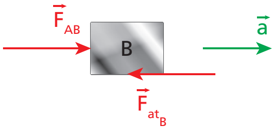
2ª Lei de Newton para A + B:

$F - (F_{at_A} + F_{at_B}) = (m_A + m_B) \cdot a$

$50 - (12 + 18) = (2,0 + 3,0) \cdot a$

$50 - 20 = 5,0 \cdot a \Rightarrow \boxed{a = 4,0\ m/s^2}$

b)



2ª Lei de Newton para **B**:

$F_{AB} - F_{at_B} = m_B \cdot a \Rightarrow F_{AB} - 18 = 3,0 \cdot 4,0$

$\boxed{F_{AB} = 30\ N}$

Respostas: a) 4,0 m/s²; b) 30 N

23.

a) MRU:

$F_{at_A} + F_{at_B} = F$

$\mu_c \cdot m_A \cdot g + \mu_c \cdot m_B \cdot g = F \Rightarrow \mu_c \cdot 10(2,0 + 1,0) = 18,0$

$\boxed{\mu_c = 0,60}$

b) $T = F_{at_A} \Rightarrow T = \mu_c \cdot m_A \cdot g$

$T = 0,60 \cdot 2,0 \cdot 10\ (N) \Rightarrow \boxed{T = 12,0\ N}$

Respostas: a) 0,60; b) 12,0 N

24.

a) $F_{at_A} = P_B \Rightarrow \mu_c \cdot m_A \cdot g = m_B \cdot g$

$$\mu_c = \frac{m_B}{m_A} = \frac{3,0}{5,0} \Rightarrow \boxed{\mu_c = 0,60}$$

b) 2ª Lei de Newton para A + B:

$P - F_{at_A} = (m_A + m_B + m) \cdot a$

$(m_B + m)g - \mu_c \cdot m_A \cdot g = (m_A + m_B + m) \cdot a$

$(3{,}0 + 2{,}0)10 - 0{,}60 \cdot 5{,}0 \cdot 10 = (5{,}0 + 3{,}0 + 2{,}0)a$

$50 - 30 = 10 \cdot a \Rightarrow \boxed{a = 2{,}0\ m/s^2}$

Respostas: a) 0,60; b) 2,0 m/s^2

26. A tração é nas rodas traseiras. As rodas dianteiras não têm tração e são giradas pelas forças tangenciais de atrito aplicadas pelo solo.

Resposta: a

27.

(I) Todos os pontos do limpador operam com a mesma velocidade angular.

(II) $v = \omega \cdot R$. Sendo ω constante, v será diretamente proporcional a R.

(III) A borracha próxima da extremidade **B** desgasta-se mais rapidamente que a borracha próxima da extremidade **A** em virtude da maior distância percorrida no mesmo intervalo de tempo ($v_{m_B} > v_{m_A}$).

Resposta: e

29.

a) $F_{at_d} = \mu_e\ F_n = \mu_e\ m\ g$

$F_{at_d} = 0{,}820 \cdot 100 \cdot 10\ (N) \Rightarrow \boxed{F_{at_d} = 8{,}20 \cdot 10^2\ N}$

Com $F = 8{,}00 \cdot 10^2$ N, o homem não consegue vencer o atrito de destaque e, por isso, o cofre permanece em repouso. Logo:

$\boxed{F_{at} = F = 8{,}00 \cdot 10^2\ N}$

b) $F_{at_c} = \mu_c\ F_n = \mu_c\ m\ g$

$F_{at_c} = 0{,}450 \cdot 100 \cdot 10\ (N) \Rightarrow \boxed{F_{at_c} = 4{,}50 \cdot 10^2\ N}$

2ª Lei de Newton:

$F' - F_{at_c} = m \cdot a \Rightarrow 8{,}50 \cdot 10^2 - 4{,}50 \cdot 10^2 = 100 \cdot a \Rightarrow$

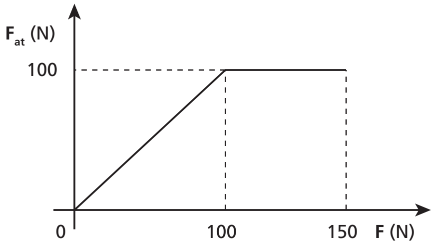
$\Rightarrow 4{,}00 \cdot 10^2 = 100 \cdot a$

$\boxed{a = 4{,}00\ m/s^2}$

Respostas: a) $8{,}00 \cdot 10^2$ N; b) 4,00 m/s^2

31.

a) A força de atrito estático cresce linearmente de 0 a 100 N, quando a caixa inicia seu escorregamento. A partir daí o atrito se torna cinético, com valor constante de 100 N.



b) 2ª Lei de Newton para a caixa no caso em que F = 150 N, F_{at} = 100 N e a = 1,0 m/s^2:

$F - F_{at} = m\ a \Rightarrow 150 - 100 = m\ 1{,}0$

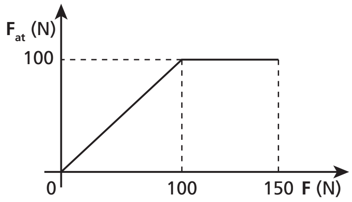
$\boxed{m = 50\ kg}$

$F_{at} = \mu\ F_n \Rightarrow F_{at} = \mu\ m\ g$

$100 = \mu\ 50 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{\mu = 0{,}20}$

Resposta:

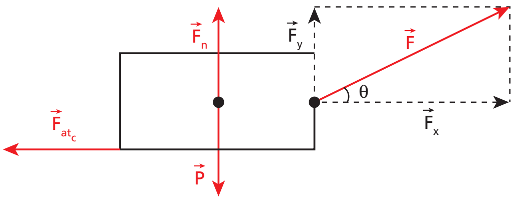
a)



b) 50 kg e 0,20

33.

(I) Esquema das forças:



(II) Cálculo de F_n: $F_n + F_y = P$

$F_n + F\ \text{sen}\ \theta = P \Rightarrow F_n + 10 \cdot 0{,}60 = 1{,}0 \cdot 10$

$\boxed{F_n = 4{,}0\ N}$

(III) Cálculo da aceleração:

$F_x - F_{at_c} = m\ a \Rightarrow F\ \cos\theta - \mu_c F_n = m\ a$

$10 \cdot 0{,}80 - 0{,}25 \cdot 4{,}0 = 1{,}0\ a$

$\boxed{a = 7{,}0\ m/s^2}$

Resposta: a

34.

Cálculo das forças de atrito nos blocos **A** e **B**:

$F_{at_A} = \mu\ m_A\ g \Rightarrow F_{at_A} = 0{,}30 \cdot 3{,}0 \cdot 10 = 9{,}0\ N$

$F_{at_B} = \mu\ m_B\ g \Rightarrow F_{at_B} = 0{,}30 \cdot 2{,}0 \cdot 10 = 6{,}0\ N$

a) 2ª Lei de Newton para o conjunto **A** + **B**:

$F_1 - F_2 - (F_{at_A} + F_{at_B}) = (m_A + m_B)\ a$

$30 - 10 - (9{,}0 + 6{,}0) = (3{,}0 + 2{,}0)\ a$

$\boxed{a = 1{,}0\ m/s^2}$

b) 2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$F_{AB} - F_2 - F_{at_B} = m_B\ a \Rightarrow F_{AB} - 10 - 6{,}0 = 2{,}0 \cdot 1{,}0$

$\boxed{F_{AB} = 18\ N}$

Respostas: a) 1,0 m/s^2; b) 18 N

35.

$F_{at_{d_A}} = \mu_d\ m_A\ g = 0{,}60 \cdot 2{,}0 \cdot 10 = 12\ N$

$F_{at_{d_B}} = \mu_d\ m_B\ g = 0{,}60 \cdot 3{,}0 \cdot 10 = 18\ N$

$F_{at_{d_{A,B}}} = 12 + 18 = 30\ N$

Como $F > F_{at_d}$ (50 N > 30 N), os blocos são arrastados sobre o plano de apoio e o atrito é do tipo cinético.

$F_{at_{c_A}} = \mu_c\ m_A\ g = 0{,}50 \cdot 2{,}0 \cdot 10 = 10\ N$

$F_{at_{c_B}} = \mu_c\ m_B\ g = 0{,}50 \cdot 3{,}0 \cdot 10 = 15\ N$

$F_{at_{c_{A,B}}} = 10 + 15 = 25\ N$

a) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$F - F_{at_{c_{A,B}}} = (m_A + m_B)\ a$

$50 - 25 = (2,0 + 3,0)\ a$

$\boxed{a = 5,0\ m/s^2}$

b) 2ª Lei de Newton para o bloco **B**:

$T - F_{at_{c_B}} = m_B\ a$

$T - 15 = 3,0 \cdot 5,0$

$\boxed{T = 30\ N}$

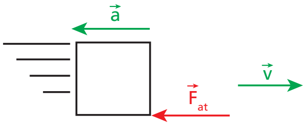
Respostas: a) 5,0 m/s^2; b) 30 N

36.

a) (I) Cálculo da aceleração de retardamento da caixa:

$F = F_{at} \Rightarrow m\ a = \mu\ m\ g$

$\boxed{a = \mu\ g}$



(II) Cálculo do intervalo de tempo de deslizamento:

MUV: $v = v_0 + \alpha\ t \Rightarrow 0 = v_0 - \mu\ g\ t$

$\boxed{t = \frac{v_0}{\mu\ g}}$

b) $v^2 = v_0^2 + 2\alpha\ \Delta s \Rightarrow 0 = v_0^2 + 2\ (-\mu\ g)\ d$

$\boxed{d = \frac{v_0^2}{2\ \mu\ g}}$

Respostas:

a) $\frac{v_0}{\mu \cdot g}$

b) $\frac{v_0^2}{2 \cdot \mu \cdot g}$

37.

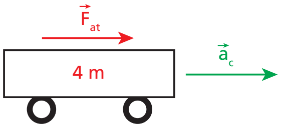
a) 2ª Lei de Newton para o carrinho:

$F_{at} = 4\ m\ a_c$

$\mu\ m\ g = 4\ m\ a_c$

$0,20 \cdot 10 = 4\ a_c$

$\boxed{a_c = 0,50\ m/s^2}$



b) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$P_B - F_{at} = (m_A + m_B)\ a \Rightarrow m\ g - \mu\ m\ g = 2\ m\ a \Rightarrow$

$\Rightarrow 10 - 0,20 \cdot 10 = 2\ a \Rightarrow \boxed{a = 4,0\ m/s^2}$

Respostas: a) 0,50 m/s^2; b) 4,0 m/s^2

39.

Pano de prato em escorregamento iminente:

$P_{pendente} = F_{at_d} \Rightarrow m_{pendente}\ g = \mu_e\ (m_{total} - m_{pendente})\ g$

$k\ (L - \ell) = \mu_e\ k\,[L - (L - \ell)] \Rightarrow L - \ell = \mu_e\ \ell$

$60 - \ell = 0,50\ell \Rightarrow \boxed{\ell = 40\ cm}$

Resposta: a

40.

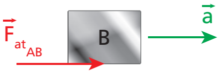
a) 2ª Lei de Newton para A + B:

$F - F_{at_{AS}} = (m_A + m_B) \cdot a \Rightarrow F - \mu_{AS} \cdot (m_A + m_B)g = (m_A + m_B) \cdot a \Rightarrow$

$\Rightarrow 40 - 0,50 \cdot (3,0 + 2,0) \cdot 10 = (3,0 + 2,0) \cdot a \Rightarrow$

$\Rightarrow 40 - 25 = 5,0\ a \Rightarrow \boxed{a = 3,0\ m/s^2}$

b) 2ª Lei de Newton para **B**:



$F_{at_B} = m_B \cdot a \Rightarrow \mu_{AB} \cdot m_B \cdot g = m_B \cdot a$

$\mu_{AB} = \frac{a}{g} = \frac{3,0}{10} \Rightarrow \boxed{\mu_{AB} = 0,30}$

Respostas: a) 3,0 m/s^2; b) 0,30

41.

(I) Errada. O atrito independe da área.

(II) Errada.

$P_t = F_{at} \Rightarrow m \cdot g \cdot sen\,\theta = \mu \cdot m \cdot g \cdot cos\,\theta$

$m = \frac{sen\ \theta}{cos\ \theta} \Rightarrow \boxed{\mu = tg\ \theta}$

(III) Correta.

(IV) Correta.

MRU: $\vec{C} + \vec{P} = \vec{0} \Rightarrow \boxed{\vec{C} = -\vec{P}}$

Resposta: c

42.

2ª Lei de Newton:

$P_t - F_{at_c} = m\ a$

$m\ g\ sen\,\theta - \mu_c\ m\ g\ cos\,\theta = m\ a$

$10 \cdot \frac{3,0}{5,0} - \mu_c\ 10 \cdot \frac{4,0}{5,0} = 2,0$

$\boxed{\mu_c = 0,50}$

Resposta: 0,50

43.

2ª Lei de Newton para o bloco:

$F - P_t - F_{at_c} = m\ a$

$F - m\ g\ sen\,\theta - \mu_c\ m\ g\ cos\,\theta = m\ a$

$50 - 5,0 \cdot 10\ \frac{6,0}{10} - 0,40 \cdot 5,0 \cdot 10\ \frac{8,0}{10} = 5,0\ a$

$\boxed{a = 0,80\ m/s^2}$

Resposta: 0,80 m/s^2

44.

a) (I) Cálculo da intensidade da componente tangencial do peso em **B**:

$P_{t_B} = m_B\ g\ sen\,\theta$

$P_{t_B} = 5,0 \cdot 10 \cdot 0,60\ (N)$

$\boxed{P_{t_B} = 30\ N}$

(II) Cálculo da intensidade da força de atrito de destaque entre **B** e o plano inclinado:

$F_{at_d} = \mu_e\ m_B\ g\ cos\,\theta$

$F_{at_d} = 0,45 \cdot 5,0 \cdot 10 \cdot 0,80\ (N)$

$\boxed{F_{at_d} = 18\ N}$

Como $P_A = 50$ N supera a soma $P_{t_e} + F_{at_d} = 48$ N, os blocos entram em movimento, com **B** subindo ao longo do plano inclinado.

(III) Cálculo da intensidade da força de atrito cinético entre **B** e o plano inclinado:

$F_{at_c} = \mu_c\ m_B\ g\ \cos\theta$

$F_{at_c} = 0{,}40 \cdot 5{,}0 \cdot 10 \cdot 0{,}80\ (N)$

$\boxed{F_{at_c} = 16\ N}$

(IV) 2ª Lei de Newton para o conjunto A + B:

$P_A - P_{t_B} - F_{at_c} = (m_A + m_B)\ a$

$50 - 30 - 16 = 10\ a$

$\boxed{a = 0{,}40\ m/s^2}$

b) 2ª Lei de Newton para o bloco **A**:

$P_A - T = m_A\ a \Rightarrow 50 - T = 5{,}0\ 0{,}40$

$\boxed{T = 48\ N}$

Respostas: a) 0,40 m/s²; b) 48 N

Página 202

45.

(1) Verdadeira.

Mesmos materiais.

(2) Falsa.

$F = F_{at_d} \Rightarrow F = \mu_e\ m\ g \qquad (I)$

Sendo **d** a densidade do aço, tem-se:

$d = \frac{m}{V} = \frac{m}{a^3} \Rightarrow m = d\ a^3\ (II)$

Substituindo (II) em (I), temos:

$\boxed{F = \mu_e\ d\ g\ a^3}$

$F_1 = \mu_e\ d\ g\ a^3$

$F_2 = \mu_e\ d\ g\ (2 \cdot a)^3 \Rightarrow F_2 = 8\ \mu_e\ d \cdot g\ a^3$

$\boxed{F_2 = 8\ F_1}$

(3) Verdadeira.

$P_1 = m_1\ g = d\ a^3\ g$

$P_2 = m_2\ g = d\ (2 \cdot a)^3\ g$

$P_2 = 8\ d\ a^3\ g$

Logo:

$\boxed{P_2 = 8\ P_1}$

Resposta: e

46.

As componentes de $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ perpendiculares à direção do movimento equilibram-se, logo:

$F_{at_c} = 2\ F\ \text{sen}\ 30°$

$\mu_c\ m\ g = 2\ F\ 0{,}50$

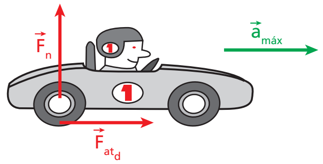
$\mu_c = \frac{F}{m\,g} \Rightarrow \mu_c = \frac{6{,}0}{1{,}2 \cdot 10}$

$\boxed{\mu_c = 0{,}50}$

Resposta: c

47.

a) A aceleração terá módulo máximo quando as rodas motrizes ficarem na iminência de deslizar. Nesse caso, a força motriz será a força de atrito de destaque:



2ª Lei de Newton:

$F_{at_d} = m\ a_{máx}$

$\mu_e\ F_n = m\ a_{máx} \Rightarrow \mu_e\ \frac{2}{3}\ m\ g = m\ a_{máx}$

$\boxed{a_{máx} = \frac{2}{3}\ \mu_e\ g}$

b) MUV: $d = \frac{a_{máx}}{2}\ t^2_{mín} \Rightarrow t_{mín} = \sqrt{\frac{2\ d}{a_{máx}}}$

$t_{mín} = \sqrt{\frac{2\ d}{\frac{2}{3}\ \mu_e\ g}} \Rightarrow \boxed{t_{mín} = \sqrt{\frac{3\ d}{\mu_e\ g}}}$

Respostas: a) $\frac{2}{3}\ \mu_e\ g$; b) $\sqrt{\frac{3\ d}{\mu_e\ g}}$

48.

2ª Lei de Newton:

$F = F_{at_c} \Rightarrow m\ a = \mu_c\ m\ g$

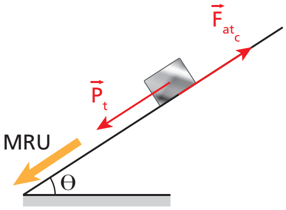
$\boxed{a = \mu_c\ g}$

A aceleração de retardamento independe da massa; por isso, o livro com o dobro da massa também deslizará 1 m até parar.

Resposta: c

49.

(I)



$P_t = F_{at_c} \Rightarrow P \cdot \text{sen}\,\theta = \mu_c \cdot P \cdot \cos\theta$

$\frac{\text{sen}\ \theta}{\cos\ \theta} = \mu_c \Rightarrow \text{tg}\,\theta = \mu_c$

$\text{tg}\ \theta = 0{,}75 \Rightarrow \boxed{\text{tg}\,\theta = \frac{3}{4}}$

(II)

$\text{tg}\,\theta = \frac{h}{\sqrt{(50)^2 - h^2}} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{h}{\sqrt{2\,500 - h^2}}$

$9 \cdot (2\,500 - h^2) = 16\ h^2 \Rightarrow 22\,500 - 9\ h^2 = 16\ h^2$

$22\,500 = 25\ h^2 \Rightarrow h^2 = 900 \Rightarrow \boxed{h = 30\ cm}$

Resposta: h = 30 cm

50.

a) $F_{at} \leqslant F_{at_d} \Rightarrow m \cdot a \leqslant \mu_e \cdot m \cdot g$

$a \leqslant \mu_e \cdot g \Rightarrow a_{máx} = \mu_e \cdot g$

$a_{máx} = 0{,}65 \cdot 10\ (m/s^2) \Rightarrow \boxed{a_{máx} = 6{,}5\ m/s^2}$

b) $F_{res} = F_{at_c} \Rightarrow m \cdot a = \mu_c \cdot m \cdot g$

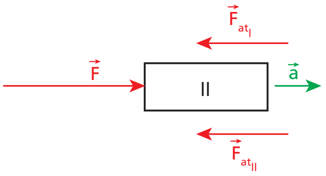
$a = \mu_c \cdot g \Rightarrow a = 0{,}50 \cdot 10\ (m/s^2) \Rightarrow \boxed{a = 5{,}0\ m/s^2}$

MUV: $\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$ (referencial no solo)

$\Delta s = \frac{5{,}0}{2} \cdot (2{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 10\ m}$

Respostas: a) 6,5 m/s^2; b) 10 m

51.



2ª Lei de Newton para o Bloco II

$F - F_{at_I} - F_{at_{II}} = m_{II}\ a$

$F - \mu_I\ m_I\ g - \mu_2\ (m_I + m_{II})\ g = m_{II}\ a$

$F - 0{,}10 \cdot 3{,}0 \cdot 10 - 0{,}20 \cdot 9{,}0 \cdot 10 = 6{,}0 \cdot 2{,}0$

$\boxed{F = 33\ N}$

Resposta: d

52.

O atrito de destaque no sistema é dado por:

$F_{at_d} = \mu_e\ (m_1 + m_2 + m_3)\ g$

$F_{at_d} = 0{,}15 \cdot 4{,}00 \cdot 10{,}0 = 6{,}00\ N$

Como $F > F_{at}$, o sistema entra em movimento e o atrito torna-se cinético.

$F_{at_c} = \mu_c\ (m_1 + m_2 + m_3)\ g$

$F_{at_c} = 0{,}10 \cdot 4{,}00 \cdot 10{,}0 = 4{,}00\ N$

Blocos (1 + 2 + 3)

$F - F_{at_c} = (m_1 + m_2 + m_3)\ a$

$10{,}0 - 4{,}00 = 4{,}00\ a \Rightarrow \boxed{a = 1{,}50\ m/s^2}$

Bloco (3)

$F_{2,3} - F_{at_{c_3}} = m_3\ a$

$F_{2,3} - \mu_c\ m_3\ g = m_3\ a$

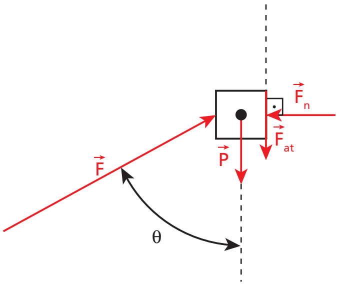
$F_{2,3} - 0{,}10 \cdot 0{,}50 \cdot 10{,}0 = 0{,}50 \cdot 1{,}50$

$\boxed{F_{2,3} = 1{,}25\ N}$

Resposta: 1,25 N

53.

a)



Se o escovão realiza movimento retilíneo e uniforme, temos:

$\vec{F} + \vec{P} + \vec{F}_{at} + \vec{F}_n = \vec{0}$

b) (I) Cálculo da intensidade de $\vec{F}_n$:

$F_n = F_x \Rightarrow \boxed{F_n = F\ \text{sen}\ \theta}$

(II) Escovão em MRU: $F_y = P + F_{at}$

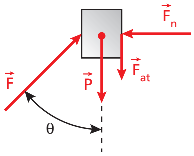
$F\ \cos\theta = P + \mu_C\ F_n$

$F\ \cos\theta = m\ g + \mu_C\ F\ \text{sen}\ \theta$

$F\ (\cos\theta - \mu_C\ \text{sen}\ \theta) = m\ g$

$$\boxed{F = \frac{m\ g}{\cos\theta - \mu_c\ \text{sen}\theta}}$$

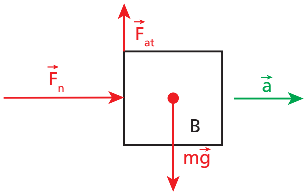
Respostas: a)



b) $F = \frac{m\ g}{\cos\theta - \mu_c\ \text{sen}\theta}$

54.

(I) Incorreta.



(II) Incorreta.

2ª Lei de Newton:

$F_n = m\ a$

$\left.\begin{cases} F_{at} = m\,g \\ F_{at} \leq \mu\ F_n \end{cases}\right\} m\ g \leqslant \mu\ F_n$

$m \cdot g \leqslant \mu\ m\ a \Rightarrow \boxed{a \geqslant \frac{g}{\mu}}$

(III) Correta. Blocos (A + B): $F_{mín} = (M + m)\ a_{mín}$

$$\boxed{F_{mín} = \frac{(M + m)}{\mu}\ g}$$

Resposta: e

55.

(I) A gravidade aparente no interior do elevador é g_{ap}, dada por:

$g_{ap} = g + a$

$g_{ap} = 10 + 6{,}0 \Rightarrow g_{ap} = 16\ m/s^2$

(II) Cálculo da aceleração escalar:

$F_{at} = m\ a' \Rightarrow \mu_C\ m\ g_{ap} = m\ a'$

$a' = 0{,}25 \cdot 16 \Rightarrow a' = 4{,}0\ m/s^2$

$\alpha = -a' \Rightarrow \alpha = -4{,}0\ m/s^2$

(III) Cálculo da distância percorrida:

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

$0 = (2{,}0)^2 + 2\ (-4{,}0)\ \Delta s$

$\boxed{\Delta s = 0{,}50\ m = 50\ cm}$

Resposta: 50 cm

56.

Os valores limítrofes permitidos para $\vec{F}$ estão condicionados ao movimento iminente do bloco, ou seja:

(I) Se $\vec{F}$ tem intensidade máxima, o bloco tende a subir o plano e a força de atrito tem sentido para baixo. Assim:

$F_{máx} = P \ \text{sen } 53° + F_{at_d} \Rightarrow F_{máx} = P \ \text{sen } 53° + \mu_e \ P \ \cos 53°$

$F_{máx} = 100 \cdot 0{,}80 + 0{,}50 \cdot 100 \cdot 0{,}60 \ (N)$

$\boxed{F_{máx} = 110 \ N}$

(II) Se $\vec{F}$ tem intensidade mínima, o bloco tende a deslocar-se para baixo, sendo ascendente ao plano o sentido da força de atrito. Assim:

$F_{mín} + F_{at_d} = P \ \text{sen } 53°$

$F_{mín} = P \ \text{sen } 53° - \mu_e \ P \ \cos 53°$

$F_{mín} = 100 \cdot 0{,}80 - 0{,}50 \cdot 100 \cdot 0{,}60 \ (N)$

$\boxed{F_{mín} = 50 \ N}$

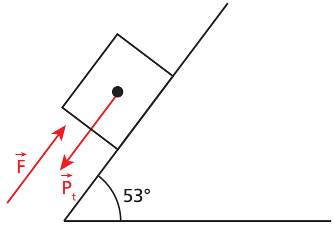
Portanto, os valores de $\vec{F}$ são tais que:

$50 \ N \leqslant F \leqslant 110 \ N$

Resposta: 50 N ⩽ F ⩽ 110 N

57.

a) $P_t = m \ g \ \text{sen } 53° \Rightarrow P_t = 20 \cdot 10 \cdot 0{,}80 \ (N) \Rightarrow \boxed{P_t = 160 \ N}$



Sendo $F = P_t = 160$ N, o corpo não manifesta nenhuma tendência de escorregamento. Logo:

$\boxed{F_{at} = 0}$

b) $F_{at_d} = \mu_e \ F_n = \mu_e \ m \ g \ \cos 53°$

$F_{at_d} = 0{,}30 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 0{,}60 \ (N) \Rightarrow \boxed{F_{at_d} = 36 \ N}$

$F_{at_C} = \mu_C \ F_n = \mu_C \ m \ g \ \cos 53°$

$F_{at_C} = 0{,}20 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 0{,}60 \ (N) \Rightarrow \boxed{F_{at_C} = 24 \ N}$

O corpo terá aceleração dirigida rampa abaixo, já que $P_t > F + F_{at_d}$ (160 N > 100 N + 36 N). Durante o escorregamento o atrito será do tipo cinético:

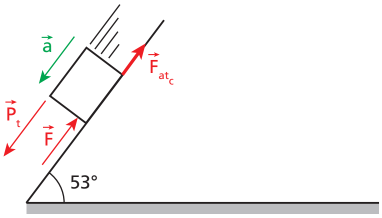
2ª Lei de Newton:

$P_t - F - F_{at_C} = m \ a$

$160 - 100 - 24 = 20 \ a$

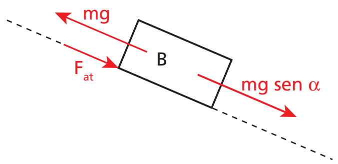
$36 = 20 \ a$

$\boxed{a = 1{,}8 \ m/s^2}$



Respostas:
a) Intensidade nula;
b) 1,8 m/s²

58.



Equilíbrio de **B**:

$F_{at} = m \ g - m \ g \ \text{sen } \alpha$ (I)

$F_{at} \leqslant \mu \ F_n \Rightarrow F_{at} \leqslant \mu \ m \ g \ \cos \alpha$ (II)

Substituindo (I) em (II), temos:

$m \ g - m \ g \ \text{sen } \alpha \leqslant \mu \ m \ g \ \cos \alpha$

$$\mu \geqslant \frac{1 - \text{sen}\,\alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow \boxed{\mu_{mín} = \frac{1 - \text{sen}\,\alpha}{\cos \alpha}}$$

Resposta: a

59.

a) (I) Cálculo da intensidade da aceleração no plano inclinado:

$a = g \ \text{sen } 30° \Rightarrow a = 10 \cdot 0{,}5 \ (m/s^2)$

$\boxed{a = 5{,}0 \ m/s^2}$

(II) Cálculo da velocidade de chegada do bloco à base do plano inclinado:

$v = v_0 + \alpha \ t \Rightarrow v = 5{,}0 \cdot 2{,}0 \ (m/s)$

$\boxed{v = 10 \ m/s}$

(III) Cálculo da intensidade da aceleração no plano horizontal:

$F = F_{at_C} \Rightarrow m \ a' = \mu_C \ m \ g \Rightarrow a' = \mu_C \ g$

$a' = 0{,}20 \cdot 10 \ (m/s^2) \Rightarrow \boxed{a' = 2{,}0 \ m/s^2}$

(IV) Cálculo da duração do movimento no plano horizontal:

$v' = v + \alpha' \ t' \Rightarrow 0 = 10 - 2{,}0 \ t'$

$\boxed{t' = 5{,}0 \ s}$

(V) Cálculo da duração total do movimento:

$\Delta t = t + t' \Rightarrow \Delta t = 2{,}0 + 5{,}0 \ (s) \Rightarrow \boxed{\Delta t = 7{,}0 \ s}$

b) No plano inclinado: $\Delta s = v_0 \ t + \frac{\alpha}{2} t^2$

$$\Delta s = \frac{5{,}0}{2} (2{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{\Delta s = 10 \ m}$$

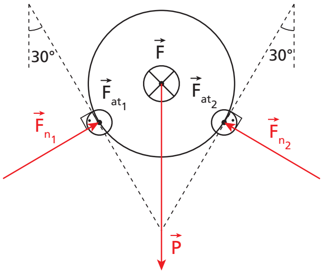
No plano horizontal: $\Delta s' = v \ t' + \frac{\alpha'}{2} t'^2$

$$\Delta s' = 10 \cdot 5{,}0 - \frac{2{,}0}{2} (5{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{\Delta s' = 25 \ m}$$

Respostas: a) 7,0 s; b) Respectivamente, 10 m e 25 m.

60.

Esquema de forças:



Devido à simetria: $|\vec{F}_{n_1}| = |\vec{F}_{n_2}| = F_n$

Equilíbrio na vertical: $2F_n \cos 60° = P$

$$2F_n \frac{1}{2} = 50 \Rightarrow F_n = 50 \text{ kgf}$$

Equilíbrio na horizontal: $F = F_{at_1} + F_{at_2}$

Supondo o cilindro na iminência de deslizar, temos:

$F_{mín} = \mu \ F_n + \mu \ F_n = 2 \ \mu \ F_n$

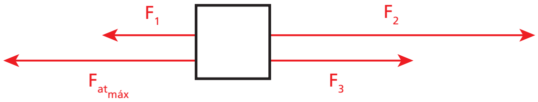
$F_{mín} = 2{,}0 \cdot 0{,}25 \cdot 50 \Rightarrow \boxed{F_{mín} = 25 \text{ kgf}}$

Resposta: 25 kgf

61.

A força de atrito estático deve equilibrar a resultante $\vec{R}$ dada pela soma $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$.

1º caso: $|\vec{R}|$ é máximo e $|\vec{F}_{at}|$ é máximo.

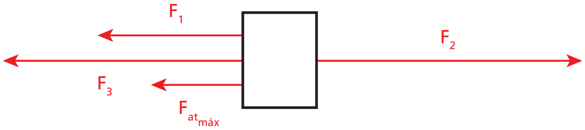


$R_{máx} = F_2 + F_3 - F_1$

$R_{máx} = 4{,}0 + 2{,}7 - 1{,}0$

$\boxed{R_{máx} = 5{,}7 \text{ N} \Rightarrow F_{at_{máx}} = 5{,}7 \text{ N}}$

2º caso: $|\vec{R}|$ é mínimo e $|\vec{F}_{at}|$ é mínimo.



$R_{mín} = F_2 - F_1 - F_3$

$R_{mín} = 4{,}0 - 1{,}0 - 2{,}7 \text{ (N)}$

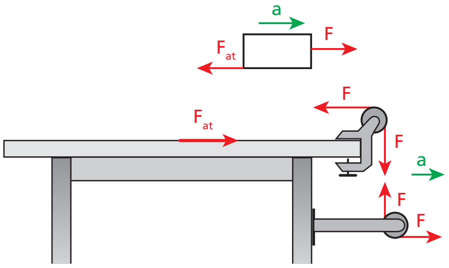
$\boxed{R_{mín} = 0{,}30 \text{ N} \Rightarrow F_{at_{mín}} = 0{,}30 \text{ N}}$

Logo:

$0{,}30 \text{ N} \leqslant F_{at} \leqslant 5{,}7 \text{ N}$

Resposta: $0{,}30 \text{ N} \leqslant F_{at} \leqslant 5{,}7 \text{ N}$

62.



$F_{at} \leqslant \mu_e \ m_B \ g$ (I)

2ª Lei de Newton para a mesa:

$F_{res} = F_{at} \Rightarrow m_M \ a = F_{at}$ (II)

Substituindo (II) em (I): $m_M \ a \leqslant \mu_e \ m_B \ g$

$15 \ a \leqslant 0{,}60 \cdot 10 \cdot 10$

$a \leqslant 4{,}0 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \boxed{a_{máx} = 4{,}0 \text{ m/s}^2}$

2ª Lei de Newton para o bloco:

$F_{máx} - F_{at_d} = m_B \ a_{máx}$

$F_{máx} - 0{,}60 \cdot 10 \cdot 10 = 10 \cdot 4{,}0$

$\boxed{F_{máx} = 100 \text{ N}}$

Resposta: 100 N

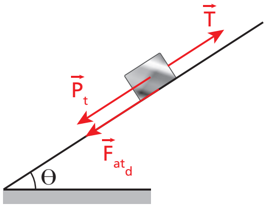
63.

A componente tangencial do peso da caixa tem intensidade calculada fazendo-se:

$P_t = M \cdot g \cdot \text{sen}\,\theta \Rightarrow P_t = 10{,}0 \cdot 10{,}0 \cdot 0{,}60 \text{ (N)}$

$\boxed{P_t = 60{,}0 \text{ N}}$

a) Com a caixa na iminência de se deslocar para cima ao longo da rampa:



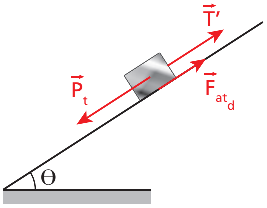
$F_{at_d} + P_t = T$

Mas $T = P_{balde} = m \cdot g$, logo: $\mu_e \cdot M \cdot g \cdot \cos\theta + P_t = m \cdot g$

$\mu_e \cdot 10{,}0 \cdot 10{,}0 \cdot 080 + 60{,}0 = 10{,}0 \cdot 10{,}0$

$\mu_e = \dfrac{40{,}0}{80{,}0} \Rightarrow \boxed{\mu_e = 0{,}50}$

b) Com a caixa na iminência de se deslocar para baixo ao longo da rampa:



$T' = F_{at_d} = P_t$

Mas $T' = P_{balde}' = m' \cdot g$, logo: $m' \cdot g + \mu_e \cdot M \cdot g \cdot \cos\theta = P_t$

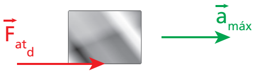
$m' \cdot 10{,}0 + 0{,}50 \cdot 10{,}0 \cdot 10{,}0 \cdot 0{,}80 = 60{,}0$

Da qual: $\boxed{m' = 2{,}0 \text{ kg}}$

Respostas: a) 0,50; b) 2,0 kg

64.

a) (I) Bloco em deslizamento iminente:



$F_{res} = F_{at_d} \Rightarrow m \cdot a_{máx} = \mu_e \cdot m \cdot g$

$a_{máx} = \mu_e \cdot g \Rightarrow a_{máx} = 0{,}40 \cdot 10{,}0 \Rightarrow \boxed{a_{máx} = 4{,}0 \text{ m/s}^2}$

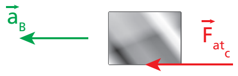
(II) Prancha e bloco:

$F_{máx} = (M + m) \cdot a_{máx} \Rightarrow F_{máx} = (5,0 + 0,50) \cdot 4,0$ (N)

Da qual: $\boxed{F_{máx} = 22,0\ N}$

É interessante notar que o resultado obtido independe do sentido da força aplicada na extremidade **B**.

b) (I) Nesse caso, o bloco vai deslizar em relação à prancha.



$F'_{res} = F_{at_c} \Rightarrow m \cdot a_B = \mu_c \cdot m \cdot g$

$a_B = \mu_c \cdot g \Rightarrow a_B = 0,30 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{a_B = 3,0\ m/s^2}$

(II) Prancha:

$F - F_{at_c} = M \cdot a_P \Rightarrow F - \mu_c \cdot m \cdot g = M \cdot a_P$

$25,5 - 0,30 \cdot 0,50 \cdot 10 = 5,0 \cdot a_P \Rightarrow \boxed{a_P = 4,8\ m/s^2}$

(III) $a_{rel} = a_P - a_B \Rightarrow a_{rel} = 4,8 - 3,0\ (m/s^2) \Rightarrow \boxed{a_{rel} = 1,8\ m/s^2}$

(IV) MUV: $L = v_0\, t + \frac{a_{rel}}{2}\, t^2 \Rightarrow 0,90 = \frac{1,8}{2}\, t^2$

Da qual: $\boxed{t = 1,0\ s}$

Respostas: a) 22,0 N; b) 1,0 s

65.

(I) $F_{at_c} = \mu_c \cdot m \cdot g \Rightarrow F_{at_c} = 0,60 \cdot 0,20 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{F_{at_c} = 1,2\ N}$

(II) $m \cdot a_{rel} = F_{at_c} \Rightarrow 0,20 \cdot a_{rel} = 1,2 \Rightarrow \boxed{a_{rel} = 6,0\ m/s^2}$

(III) $v^2 = v_0^2 + 2\alpha_{rel} \cdot \Delta s_{rel} \Rightarrow 0 = (3,0)^2 + 2(-6,0) \cdot \Delta s_{rel}$

$\boxed{\Delta s_{rel} = 0,75\ m = 75\ cm}$

O bloco **C** para em relação ao bloco **B** no ponto médio da superfície superior desse bloco.

(IV) $\Delta s_{rel} = v_0 t + \frac{\alpha_{rel}}{2} \cdot t^2 \Rightarrow 0,75 = 3,0 \cdot t - \frac{6,0}{2}\, t^2$

$1,0 \cdot t^2 - 1,0 \cdot t + 0,25 = 0 \Rightarrow t = \frac{1,0 \pm \sqrt{1,0 - 1,0}}{2}$

$\boxed{t = 0,50\ s}$

(V) Aceleração inicial de **A** e **B**:

$F_{at_c} = 2M \cdot a_1 \Rightarrow 1,2 = 2 \cdot 1,0 \cdot a_1 \Rightarrow \boxed{a_1 = 0,60\ m/s^2}$

(VI) Velocidade de **A** e **B** no instante em que **C** passa de **A** para **B**:

Bloco **C**:

$\Delta s'_{rel} = v_0\, t + \frac{a_{rel}}{2} \cdot t^2 \Rightarrow 0,50 = 3,0 \cdot t - \frac{6,0}{2}\, t^2$

$3,0 \cdot t^2 - 3,0 \cdot t + 0,50 = 0 \Rightarrow t = \frac{3,0 \pm \sqrt{9,0 - 6,0}}{6,0}$

$\boxed{t \cong 0,21\ s}$

Blocos **A** e **B**:

$v_1 = v_0 + a_1\, t \Rightarrow v_1 = 0,60 \cdot 0,21$ (m/s)

$\boxed{v_1 \cong 0,13\ m/s}$

(VII) Com a passagem de **C** do bloco **A** para o bloco **B**, o bloco **A** se destaca de **B** e prossegue em movimento uniforme, com velocidade $v_1 \cong 0,13$ m.

(VIII) A nova aceleração do bloco **B** é dada por:

$F_{at_c} = M \cdot a_2 \Rightarrow 1,2 = 1,0 \cdot a_2 \Rightarrow \boxed{a_2 = 1,2\ m/s^2}$

(IX) O tempo de movimento acelerado de **B** com aceleração a_2 é **T**, dado por:

$T = 0,50 - 0,21 \Rightarrow \boxed{T = 0,29\ s}$

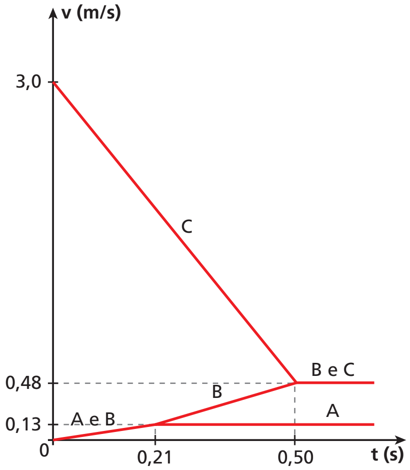
(X) Cálculo da velocidade final do conjunto **B** e **C**:

$v_2 = v_1 + a_2\, T \Rightarrow v_2 = 0,13 + 1,2 \cdot 0,29$ (m/s)

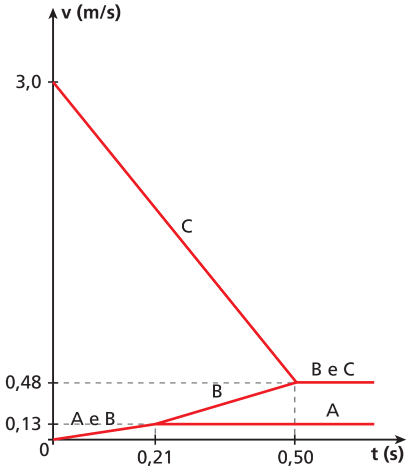
$\boxed{v_2 \cong 0,48\ m/s}$

(XI)

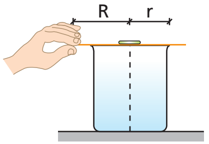
Gráfico:



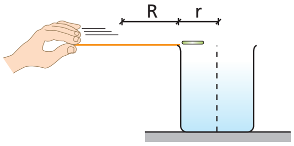
Resposta:



66.



Situação inicial



Situação final

2ª Lei de Newton para a moeda:

$F_{at} = m\ a_M \Rightarrow \mu\ m\ g = m\ a_M$

$\boxed{a_M = \mu\ g}$

MUV da moeda:

$$\Delta x = \frac{a_M}{2}\,t^2$$

Considerando $\Delta x = r$ (deslocamento máximo), com $a_M = \mu \cdot g$, temos:

$$r = \frac{\mu\ g}{2}\,t^2 \qquad \text{(I)}$$

MUV do cartão:

$$\Delta x' = \frac{a_C}{2}\,t^2$$

$$R + r = \frac{a_C}{2}\,t^2 \qquad \text{(II)}$$

Dividindo-se (II) por (I), vem:

$$\frac{R + r}{r} = \frac{\frac{a_C}{2}\,t^2}{\frac{\mu g}{2}\,t^2}$$

Da qual:

$$\boxed{a_C = \frac{(R + r)}{r}\,\mu\ g}$$

Resposta: $\frac{(R + r)}{r}\,\mu\ g$

67.

(I) Cálculo das intensidades das forças de atrito.

$F_{at_A} = \mu_A\ m_A\ g \Rightarrow F_{at_A} = 0{,}30 \cdot 5{,}0 \cdot 10 = 15\ N$

$F_{at_B} = \mu_B\ m_B\ g \Rightarrow F_{at_B} = 0{,}20 \cdot 5{,}0 \cdot 10 = 10\ N$

$F_{at_C} = \mu_C\ m_C\ g \Rightarrow F_{at_C} = 0{,}10 \cdot 5{,}0 \cdot 10 = 5{,}0\ N$

(II) Pelo fato de o fio (1) ser o responsável pelo arrastamento de dois blocos (**B** e **C**), ele opera sob maior tração que o fio (2), que arrasta apenas um bloco (**C**). Por isso, consideraremos a tração máxima de 20 N aplicada no fio (1).

Como $T_1 > F_{at_B} + F_{at_C}$ (20 N > 10 N + 5,0 N), o sistema adquire movimento acelerado no sentido de $\vec{F}$.

(III) Cálculo da intensidade da aceleração do sistema.

2ª Lei de Newton para o conjunto B + C:

$T_1 - (F_{at_B} + F_{at_C}) = (m_B + m_C)\ a$

$20 - (10 + 5{,}0) = (5{,}0 + 5{,}0)\ a$

$\boxed{a = 0{,}50\ m/s^2}$

(IV) Cálculo da intensidade de $\vec{F}$.

2ª Lei de Newton para o conjunto A + B + C:

$F - (F_{at_A} + F_{at_B} + F_{at_C}) = (m_A + m_B + m_C)\ a$

$F - (15 + 10 + 5{,}0) = (5{,}0 + 5{,}0 + 5{,}0) \cdot 0{,}50$

$\boxed{F = 37{,}5\ N}$

Resposta: 37,5 N

68.

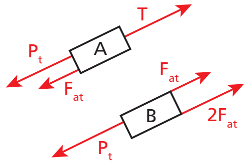
Como os blocos são iguais, a compressão normal de **B** contra o plano inclinado é duas vezes mais intensa que a compressão normal de **A** contra **B**. Por isso, sendo μ o coeficiente de atrito estático entre **A** e **B** e também entre **B** e a superfície de apoio, podemos concluir que a força de atrito de destaque entre **B** e o plano inclinado é duas vezes mais intensa do que entre **A** e **B**.

a) $P_t = P\ \text{sen}\ \theta \Rightarrow P_t = 100 \cdot 0{,}60 = 60\ N$

$P_n = P\ \cos\ \theta \Rightarrow P_n = 100 \cdot 0{,}80 = 80\ N$

(I) Equilíbrio de **B**:

$3F_{at} = P_t \Rightarrow 3F_{at} = 60 \Rightarrow \boxed{F_{at} = 20\ N}$



(II) $F_{at} = \mu\ F_n \Rightarrow F_{at} = \mu\ P_n$

$20 = \mu\ 80 \Rightarrow \boxed{\mu = 0{,}25}$

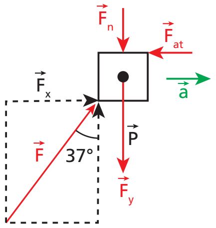
b) Equilíbrio em **A**:

$T = P_t + F_{at} \Rightarrow T = 60 + 20\ (N)$

$\boxed{T = 80\ N}$

Respostas: a) μ = 0,25; b) 80 N

69.



$F_x = F\ \text{sen}\ 37° = 100 \cdot 0{,}60 = 60\ N$

$F_y = F\ \cos\ 37° = 100 \cdot 0{,}80 = 80\ N$

Equilíbrio na vertical:

$F_n + P = F_y \Rightarrow F_n + 4{,}0 \cdot 10 = 80$

$\boxed{F_n = 40\ N}$

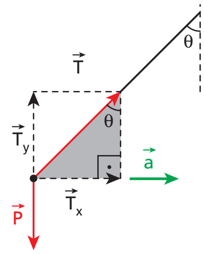
2ª Lei de Newton na horizontal:

$F_x - F_{at} = m \cdot a \Rightarrow F_x - \mu\ F_N = m\ a$

$60 - \mu\ 40 = 4{,}0 \cdot 7{,}0 \Rightarrow \boxed{\mu = 0{,}80}$

Resposta: e

70.



a) $\text{tg}\ \theta = \frac{T_x}{T_y} = \frac{F_R}{P}$

$\text{tg}\ \theta = \frac{m\ a}{m\ g} = \frac{3\ g}{4\ g}$

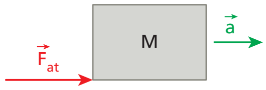
$\text{tg}\ \theta = \frac{3}{4}$

$$\boxed{\theta = \text{arc tg}\left(\frac{3}{4}\right)}$$

b) 2ª Lei de Newton para o bloco:

$F_{at} = m\ a$

$F_{at} = 28\ m\ \frac{3}{4}\ g$



$\boxed{F_{at} = 21\ m\ g}$

c) (I) Teorema de Pitágoras:

$$T^2 = T_x^{\,2} + T_y^{\,2}$$

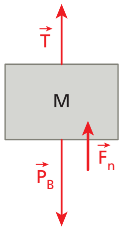
$$T^2 = (m\,a)^2 + (m\,g)^2$$

$$T^2 = \left(m\,\frac{3}{4}\,g\right)^2 + (m\,g)^2$$

$$T^2 = \frac{9}{16}\,(m\,g)^2 + (m\,g)^2$$

Da qual: $\boxed{T = \frac{5}{4}\,m\,g}$

(II) Equilíbrio do bloco na vertical:



$$F_n + T = P_B$$

$$F_n + \frac{5}{4}\,m\,g = m\,g$$

$$F_n + \frac{5}{4}\,m\,g = 28\,m\,g$$

Da qual: $\boxed{F_n = \frac{107}{4}\,m\,g}$

(III) Atrito estático:

$$F_{at} \leqslant F_{at_d} \quad \Rightarrow \quad F_{at} \leqslant \mu_e F_n$$

$$21m\,g \leqslant \mu_e\,\frac{107}{4}\,m\,g$$

$$\mu_e \geqslant \frac{84}{107}$$

Logo: $\boxed{\mu_{e_{mín}} = \frac{84}{07} \cong 0{,}79}$

Respostas: a) $\theta = \text{arc tg}\left(\frac{3}{4}\right)$; b) 21 m g; c) $\cong 0{,}79$

Tópico 3 – Resultantes tangencial e centrípeta

Página 209

1. A velocidade vetorial é sempre tangente à trajetória e orientada no sentido do movimento.
Resposta: a

2. Se o movimento for acelerado, a componente tangencial da força resultante que age no carrinho no ponto **P** terá o mesmo sentido do movimento.
Resposta: a

3. Se o movimento for retardado, a componente tangencial da força resultante que age no carrinho no ponto **P** terá sentido oposto ao do movimento.
Resposta: e

4.

$$F_t = m \cdot a_t \Rightarrow F_t = m \cdot \alpha$$

$$F_t = 2{,}0 \cdot 0{,}50 \Rightarrow \boxed{F_t = 1{,}0\text{ N}}$$

Resposta: c

5.

(I) Incorreta. A intensidade de $\vec{F}_t$ é constante.
(II) Incorreta. $\vec{F}_t$ é variável, já que muda de direção ao longo da trajetória.
(III) Correta. O carrinho descreve movimento uniformemente variado.
(IV) Correta. Se $\vec{F}_t \neq \vec{0}$, a velocidade vetorial varia em intensidade.
Resposta: d

6. Em **B**, o movimento é acelerado e a componente tangencial da força resultante tem o mesmo sentido do movimento.
Resposta: a

7. No ponto **C**, ocorre transição de movimento acelerado para movimento retardado e a componente tangencial da força resultante é nula.
Resposta: e

8. Em **D**, o movimento é retardado e a componente tangencial da força resultante tem sentido oposto ao do movimento.
Resposta: d

9. O movimento é retardado, já que a componente tangencial da força resultante tem sentido oposto ao de $\vec{v}$.

$$F_t = m \cdot \alpha \Rightarrow \boxed{\vec{F}_1 + \vec{F}_2\cos\theta = m \cdot \alpha}$$

Resposta: d

Página 214

10. A nave descreve órbita circular em movimento uniforme. Isso significa que a única força atuante sobre ela é a gravitacional, aplicada por Marte. Essa força é a resultante centrípeta no MCU.
Resposta: c

11.

$$v = \frac{216}{3{,}6}\ (\text{m/s}) = 60\text{ m/s}$$

$$F_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow F_{cp} = \frac{4{,}0 \cdot 10^3 \cdot (60)^2}{200}\ (\text{N})$$

Da qual: $\boxed{F_{cp} = 7{,}2 \cdot 10^4\text{ N}}$

Resposta: $7{,}2 \cdot 10^4$ N

12.

$$E_{cp} = \frac{mv^2}{12} \Rightarrow 5{,}0 \cdot 10^3 = \frac{10^3 v^2}{125}$$

Da qual: $\boxed{v = 25\text{ m/s} = 90\text{ km/h}}$

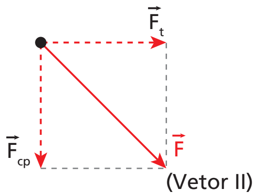
Resposta: 90 km/h

13. A força resultante na partícula em cada ponto da trajetória é centrípeta. Como o raio de curvatura da “espiral” cresce proporcionalmente com a coordenada de posição **x** ($R = kx$, em que k é uma constante), vem:

$$F_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow \boxed{F_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{k \cdot x}}$$

F_{cp} é inversamente proporcional a **x** e o gráfico pedido tem a forma de uma hipérbole.
Resposta: c

15. Como a trajetória é curvilínea, a força resultante deve ter uma componente centrípeta.
Admitindo-se que o movimento ocorra da esquerda para a direita, ele será acelerado e a força resultante deverá ter uma componente tangencial no sentido do movimento. Logo:



Vale destacar que, se o movimento ocorresse da direita para a esquerda, ele seria retardado, mas não haveria alteração da resposta.
Resposta: b

16.

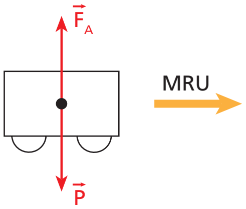
(I) $\vec{F}$ admite uma componente tangencial no sentido de $\vec{v}$ e o movimento é acelerado.

(III) $\vec{F}$ admite uma componente tangencial em sentido oposto ao de $\vec{v}$ e o movimento é retardado.

Resposta: c

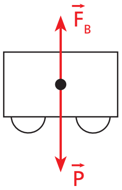
17.

Ponto **A**:



$\boxed{F_A = P}$

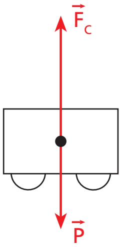
Ponto **B**:



$\boxed{F_B < P}$

$$P - F_B = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow F_B = P - \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Ponto **C**:



$\boxed{F_C > P}$

$$F_C - P = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow F_C = P + \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Portanto: $\boxed{F_C > F_A > F_B}$

Resposta: b

18.

(01) Correta. Em AB e CD, o movimento é retilíneo e uniforme e a força resultante sobre o corpo é nula.

(02) Incorreta

(04) Correta. Em BC, o movimento é circular e uniforme e a força resultante sobre o carro é centrípeta.

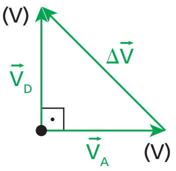
(08) Incorreta. Em BC, a força centrípeta tem intensidade constante, mas é variável, já que muda de direção ao longo da trajetória.

(16) Correta.

$\Delta\vec{v} = \vec{v}_D - \vec{v}_A$

$(|\Delta v|)^2 = v^2 + v^2$

$\boxed{|\Delta\vec{v}| = v\sqrt{2}}$



Resposta: 21

19.

A força resultante no MCU é centrípeta, logo:

$$F_{cp} = \frac{M\,v^2}{R} \qquad \text{(I)}$$

$$\text{MCU: } v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\,\pi\,R}{T}$$

$$R = \frac{v\,T}{2\,\pi} \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (II) em (I): $F_{cp} = \dfrac{M\,v^2}{\dfrac{v\,T}{2\,\pi}}$

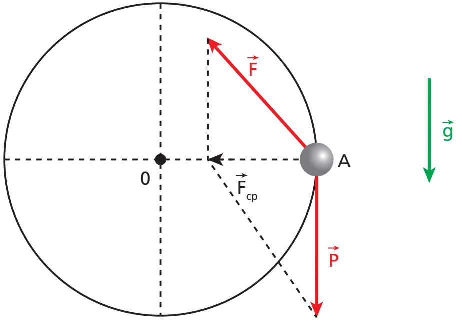
$$\boxed{F_{cp} = \frac{2\,\pi\,M\,v}{T}}$$

Resposta: c

20.

A força $\vec{F}$ somada vetorialmente com $\vec{P}$ deve originar uma resultante centrípeta, conforme indica a figura a seguir.

$\vec{F} + \vec{P} = \vec{F}_{cp}$



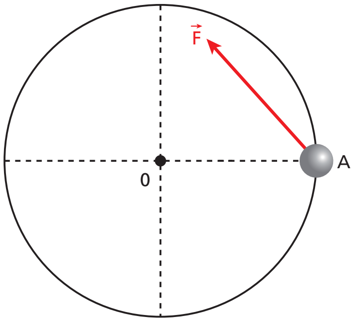
Teorema de Pitágoras:

$F^2 = P^2 + F_{cp}{}^2$

$F^2 = (m\ \ g)^2 + (m\ \ \omega^2\ \ R)^2$

$F^2 = (4{,}0 \cdot 10)^2 + (4{,}0 \cdot 1{,}0^2 \cdot 7{,}5)^2 \Rightarrow \boxed{F = 50\ N}$

Resposta:



$|\vec{F}| = 50\ N$

21.

Em A, a componente tangencial da força resultante fica expressa por:

$F_2\ \text{sen}\ \theta = F_t$

Já a componente centrípeta fica determinada fazendo-se:

$$F_1 + F_2 \cdot \cos\theta = F_{cp} \Rightarrow \boxed{F_1 + F_2\ \cos\theta = \frac{m \cdot v^2}{R}}$$

Resposta: d

22.

$F_{cp} = T \Rightarrow m\ \ \omega^2\ \ R = T$

$4{,}0\ \ \omega^2\ \ 1{,}0 = 1{,}0 \cdot 10^2$

$\boxed{\omega = 5{,}0\ rad/s}$

Resposta: 5,0 rad/s

23.

(I) Equilíbrio de **M**: $T = M\ \ g \Rightarrow T = 10 \cdot 10\ (N)$

$\boxed{T = 100\ N}$

(II) MCU de **m**: $T = \dfrac{m\,v^2}{R} \Rightarrow 100 = \dfrac{2{,}0\ (10)^2}{R}$

$\boxed{R = 2{,}0\ m}$

Resposta: 2,0 m

24.

MCU de E_1: $T_1 = m\ \ \omega^2\ \ 2\ \ L \Rightarrow \frac{T_1}{2} = m\ \omega^2\ L$ (I)

MCU de E_2: $T_2 - T_1 = m\ \ \omega^2 \cdot L$ (II)

De (I) e (II):

$$T_2 - T_1 = \frac{T_1}{2} \Rightarrow T_2 = \frac{3\ T_1}{2} \therefore \boxed{\frac{T_1}{T_2} = \frac{3}{2}}$$

Resposta: d

26.

A força de atrito que a calçada aplica nas rodas do patim faz o papel da resultante centrípeta:

$$F_{at} = F_{cp} = \frac{m\ v^2}{R}$$

A velocidade escalar máxima ocorrerá quando a força de atrito tiver intensidade máxima:

$$\mu_e\ m\ g = \frac{m\ {v_{máx}}^2}{R}$$

$${v_{máx}}^2 = \mu_e\ \ g\ \ R$$

$$\boxed{v_{máx} = \sqrt{\mu_e\ g\ R}}$$

$$v_{máx} = \sqrt{0{,}30 \cdot 10 \cdot 3{,}0}\ \text{(m/s)}$$

$$\boxed{v_{máx} = 3{,}0\ \text{m/s}}$$

Resposta: c

27.

Atrito estático:

$F_{at} \leqslant F_{at_d} \Rightarrow F_{at} \leqslant \mu \cdot F_n$ (I)

$F_{at} = F_{cp} \Rightarrow F_{at} = \frac{m\ v^2}{R}$ (II)

$F_N = P \Rightarrow F_N = m\ \ g$ (III)

Substituindo (II) e (III) em (I), temos:

$$\frac{m\ v^2}{R} \leqslant \mu m\ g\ \ \mu \geqslant \frac{v^2}{g\ R}$$

Sendo V = 108 km/h = 30 m/s, g = 10 m/s^2 e R = 300 m, temos:

$$\mu \geqslant \frac{(30)^2}{10 \cdot 300} \Rightarrow \boxed{\mu \geqslant 0{,}30}$$

Resposta: b

28.

a) Cálculo da velocidade máxima do carro na curva:

$$F_{at} \leqslant F_{at_d} \Rightarrow \frac{m\ v^2}{R} \leqslant \mu_e\ \ m\ \ g$$

$$v \leqslant \sqrt{\mu_e\ g\ R} \Rightarrow v_{máx} = \sqrt{\mu_e\ g\ R}$$

$$v_{máx} = \sqrt{0{,}30 \cdot 10 \cdot 48}\ \text{(m/s)}$$

$$\boxed{v_{máx} = 12\ \text{m/s} = 43{,}2\ \text{km/h}}$$

O carro não conseguirá fazer a curva (irá derrapar), pois $v > v_{máx}$ (60 km/h > 43,2 km/h).

b) $v_{máx}$ independe de **m**.

Respostas:

a) O estudante não conseguirá fazer a curva.

b) A velocidade máxima independe da massa do carro.

30.

a) O passageiro descreve um MCU; por isso, a força resultante sobre ele é centrípeta, com intensidade constante $F_{cp} = m\ \omega^2\ R$.

No ponto mais alto:

$P - F_{N_A} = F_{cp} \Rightarrow P - P_{ap_A} = F_{cp}$ (I)

No ponto mais baixo:

$F_{N_B} - P = F_{cp} \Rightarrow P_{ap_B} - P = F_{cp}$ (II)

Comparando (I) e (II), vem:

$$P_{ap_B} - P = P - P_{ap_A} \Rightarrow P_{ap_A} + P_{ap_B} = 2P$$

$$P = \frac{P_{ap_A} + P_{ap_B}}{2}$$

Sendo $P_{ap_A} = 234$ N e $P_{ap_B} = 954$ N, temos:

$$P = \frac{234 + 954}{2} \Rightarrow \boxed{P = 594\ \text{N}}$$

b) (I) +(II):

$$P_{ap_B} - P_{ap_A} = 2F_{ep}$$

$$954 - 234 = 2F_{ep}$$

$$\boxed{F_{cp} = 360\ \text{N}}$$

Respostas: a) 594 N; b) 360 N

31.

a) Trecho BMC: MCU

$$v = 900\ \text{km/h} = \frac{900}{3{,}6} = 250\ \text{m/s}$$

$$\Delta s = \frac{2\ \pi\ r}{4} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 2500}{4}\ \text{(m)}$$

$$\Delta s = 3\,750\ \text{m}$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 250 = \frac{3\,750}{\Delta t}$$

$$\boxed{\Delta t = 15\ \text{s}}$$

b) $P_{ap} - P = F_{cp}$

$$P_{ap} - m\ g = \frac{m\ v^2}{R}$$

$$P_{ap} = 80\left[\frac{(250)^2}{2500} + 10\right]\ \text{(N)}$$

$$\boxed{P_{ap} = 2{,}8 \cdot 10^3\ \text{N}}$$

Respostas: a) 15 s; b) 2,8 kN

32.

a) No ponto **B**, ocorre a transição entre movimento acelerado e movimento retardado; por isso, a componente tangencial da força resultante é nula. Logo, no ponto **B**, a força resultante na esfera é centrípeta.

$$F_{cp} = \frac{m\ v^2}{R} \Rightarrow F_{cp} = \frac{1{,}0\ (2{,}0)^2}{2{,}0}\ \text{(N)}$$

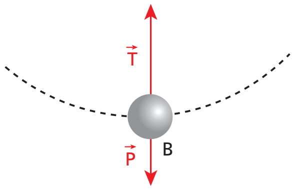
$$\boxed{F_{cp} = 2{,}0\ \text{N}}$$

b) Ponto **B**:

$T - P = F_{cp}$

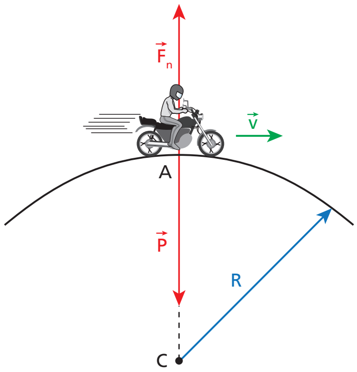
$T - m\ \ g = F_{cp} \Rightarrow T - 1{,}0 \cdot 10 = 2{,}0$

$\boxed{T = 12\ N}$



Respostas: a) 2,0 N; b) 12 N

33.



Ponto **A**:

$P - F_N = F_{cp}$

$P - 0{,}75\ \ P = F_{cp}$

$0{,}25\ \ m\ \ g = \frac{m\,v^2}{R}$

$\boxed{v = \frac{1}{2}\sqrt{g\,R}}$

Resposta: $\frac{1}{2}\sqrt{g\,R}$

34.

No ponto mais alto dos *loopings*, temos:

$F_n + P = F_{cp} \Rightarrow F_n = \frac{m\,v^2}{R} - m \cdot g$

$F_n = 2{,}0\left(\frac{5{,}0^2}{1{,}0} - 10\right) \Rightarrow \boxed{F_n = 30\ N}$

Resposta: 30 N

36.

(01) Correta.
O conjunto moto-piloto não comprime o globo.

(02) Correta.
A única força atuante no conjunto moto+piloto no ponto **A** é a força peso (M g), que é a resultante.

(04) Correta.
No ponto **A**:
$\vec{F}_t = \vec{0}$ e $\vec{F}_{cp} = \vec{P}$

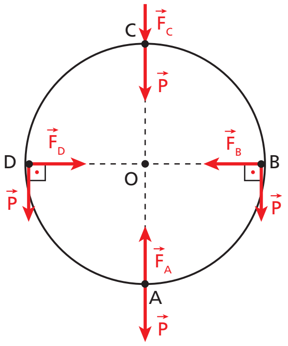
(08) Correta.
$\frac{m\,v_{mín}}{R} = m\,g \Rightarrow \boxed{v_{mín} = \sqrt{g\,R}}$

(16) Incorreta.
A velocidade no ponto **A** independe da massa do conjunto moto-piloto.

Resposta: 15

37.

a) Diagrama de forças:



em que:
$\vec{F}$ = força aplicada pelo apoio
$\vec{P}$ = peso do conjunto

b) Ponto **C**: $\vec{F}_c = \vec{0}$

$\vec{F}_{cp} = \vec{P} \Rightarrow \frac{m\,v^2_{mín}}{R} = m\,g$

$v_{mín} = \sqrt{g\,R} \Rightarrow v_{mín} = \sqrt{10 \cdot 3{,}6}\ (m/s)$

$\boxed{v_{mín} = 6{,}0\ m/s}$

Respostas: a) Veja a figura na resolução; b) 6,0 m/s

38.

O movimento é acelerado e a força resultante deve admitir uma componente tangencial no sentido do movimento, além de uma componente centrípeta (movimento circular).

Resposta: b

39.

O movimento é circular e uniforme e a força resultante é centrípeta.

Resposta: c

40.

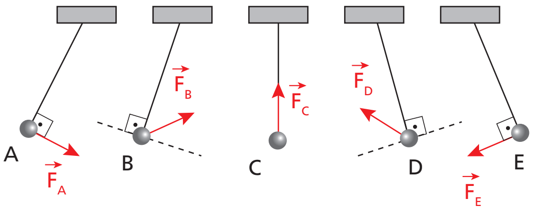
O movimento é retardado e a força resultante deve admitir uma componente tangencial em sentido oposto ao do movimento, além de uma componente centrípeta (movimento circular).

Resposta: d

41.

A solução apresentada a seguir independe do sentido do movimento da esfera pendular.

Resposta:



42.

(I) MUV: $v = v_0 + \alpha \;\; t$

$v = 4{,}0 \cdot 1{,}0\ (m/s) \Rightarrow \boxed{v = 4{,}0\ m/s}$

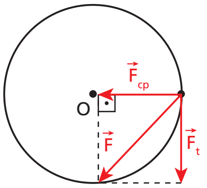
(II) $F_{cp} = \frac{m\,v^2}{R} \Rightarrow F_{cp} = \frac{3{,}0\,(4{,}0)^2}{3{,}0}(N)$

$\boxed{F_{cp} = 16\ N}$

(III) $F_t = m \;\; \alpha \Rightarrow F_t = 3{,}0 \;\; 4{,}0\ (N) \Rightarrow \boxed{F_t = 12\ N}$

(IV) Teorema de Pitágoras: $F^2 = F_t^2 + F_{cp}^{\,2}$

$F^2 = (12)^2 + (16)^2 \Rightarrow \boxed{F = 20\ N}$



Resposta: 20 N

Página 222

43.

Nos trechos retilíneos AB e CD, a força resultante é nula e nos trechos circulares BC e DA, a força resultante é centrípeta e tem módulo constante.
Resposta: e

44.

a) A acelaração escalar ao longo da curva é calculada por:

$v_2 = v_1 + \alpha t \Rightarrow \frac{72}{3{,}6} = \frac{144}{3{,}6} + \alpha \cdot 5{,}0$

$20 = 40 + \alpha \cdot 5{,}0 \Rightarrow \boxed{\alpha = -4{,}0\ m/s^2}$

$\boxed{|\vec a_t| = |\alpha| = 4{,}0\ m/s^2}$

$|\vec F_t| = m\,|\vec a_t| \Rightarrow |\vec F_t| = 1500 \cdot 4{,}0\ (N)$

$\boxed{|\vec F_t| = 60 \cdot 10^3\ N = 6{,}0\ kN}$

b) $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{v_1 + v_2}{2}$

$\frac{\frac{2\pi R}{4}}{\Delta t} = \frac{v_1 + v_2}{2} \Rightarrow \frac{2 \cdot 3 \cdot R}{4 \cdot 5{,}0} = \frac{20 + 40}{2}$

Da qual: $\boxed{R = 100\ m}$

No instante em que $v = \frac{108}{3{,}6} = 30\ m/s$:

$|\vec F_{cp}| = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow |\vec F_{cp}| = \frac{1500\,(30)^2}{100}\ (N)$

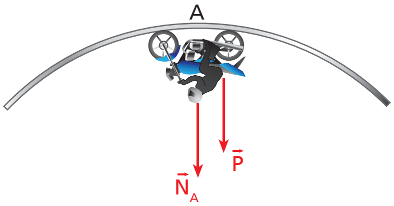
Da qual: $\boxed{|\vec F_{cp}| = 13{,}5 \cdot 10^3\ N = 13{,}5\ kN}$

Respostas: a) 6,0 kN; b) 13,5 kN

45.

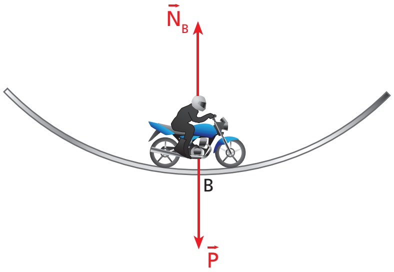
(I) Incorreta. $\boxed{N_B > F_C = F_D > N_A}$

Ponto **A**:



$N_A + P = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow \boxed{N_A = \frac{mv^2}{R} - P}$

Ponto **B**:

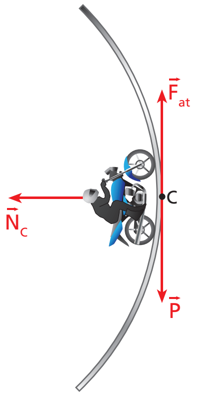


$N_B - P = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow \boxed{N_B = \frac{mv^2}{R} + P}$

Ponto **C**:

$F_{at} = P;\ N_C = F_{cp}$

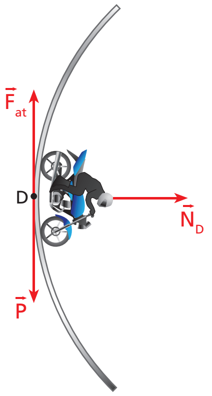
$\boxed{F_C = \sqrt{\left(\frac{mv^2}{R}\right)^2 + P^2}}$



Ponto **D**:

$F_{at} = P;\ N_D = F_{cp}$

$\boxed{F_D = \sqrt{\left(\frac{mv^2}{R}\right)^2 + P^2}}$



(II) Incorreta

(III) Correta

$N_A = 0$ e $F_{cp} = P$

$$\frac{mv^2_{mín}}{R} = mg$$

$$v_{mín} = \sqrt{gR}$$

$$v_{mín} = \sqrt{10,0 \cdot 2,5}\ \text{(m/s)}$$

$$\boxed{v_{mín} = 5,0\ \text{m/s}}$$

Resposta: b

46.

$$F_e + F_{cp} \Rightarrow K\,\Delta x = \frac{m\,v^2}{R}$$

$$2,0 \cdot 10^2 \cdot (0,90 - 0,80) = \frac{2,0\,v^2}{0,90} \Rightarrow \boxed{v = 3,0\ \text{m/s}}$$

Resposta: 3,0 m/s

47.

a) $$\left.\begin{array}{l} v_A = \omega\,R_A \Rightarrow v_A = \omega\,40 \\ v_B = \omega\,R_B \Rightarrow v_B = \omega\,20 \end{array}\right\} \boxed{\frac{v_A}{v_B} = 2}$$

b) $$F_{at_A} = F_{cp_A} \Rightarrow \mu_A\ m_A\ g = m_A\ \omega^2\ 40$$

$$\mu_A = \frac{\omega^2\ 40}{g} \qquad \text{(I)}$$

$$F_{at_B} = F_{cp_B} \Rightarrow \mu_B\ m_B\ g = m_B\ \omega^2\ 20$$

$$\mu_B = \frac{\omega^2\ 20}{g} \qquad \text{(II)}$$

Dividindo-se (I) por (II), obtém-se:

$$\frac{\mu_A}{\mu_B} = \frac{\dfrac{\omega^2\ 40}{g}}{\dfrac{\omega^2\ 20}{g}} \Rightarrow \boxed{\frac{\mu_A}{\mu_B} = 2}$$

Observe que as velocidades angulares de **A** e **B** são iguais.

Respostas:

a) $\frac{v_A}{v_B} = 2$; b) $\frac{\mu_A}{\mu_B} = 2$

48.

Atrito estático:

$$F_{at} \leqslant F_{at_d}$$

$$\frac{m\,v^2}{R} \leqslant \mu_e\ 2\,m\,g$$

$$v \leqslant \sqrt{2\,\mu_e\ g\,R} \Rightarrow v_{máx} = \sqrt{2\,\mu_e\ g\,R}$$

Sendo $\mu_e = 1,25$, $g = 10\ \text{m/s}^2$ e $R = 100$ m, temos:

$$v_{máx} = \sqrt{2 \cdot 1,25 \cdot 10 \cdot 100}\ \text{(m/s)}$$

$$\boxed{v_{máx} = 50\ \text{m/s} = 180\ \text{km/h}}$$

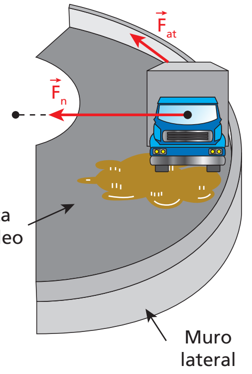
Resposta: c

49.

A força de atrito exercida pelo muro é a resultante externa responsável pelo freamento do caminhão.

$F = F_{at}$

$m\ \alpha = \mu\ F_n$ (I)



A força normal de contato exercida pelo muro lateral é a resultante centrípeta que mantém o caminhão em trajetória circular.

$$F_n = F_{cp} \Rightarrow F_n = \frac{m\,v^2}{R} \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (II) em (I), temos:

$$m\,\alpha = \mu\,\frac{m\,v^2}{R}$$

$$\alpha = 0,30\ \frac{(20)^2}{90} \Rightarrow \boxed{\alpha \cong 1,3\ \text{m/s}^2}$$

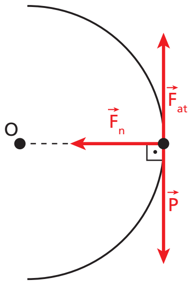
Resposta: b

50.

$$F_{at} = P \Rightarrow \mu\ F_n = P$$

$$\mu\ \frac{m\,v^2}{R} = m\,g$$

$$\mu\ \frac{(6,0)^2}{1,8} = 10 \Rightarrow \boxed{\mu = 0,50}$$



Resposta: 0,50

51.

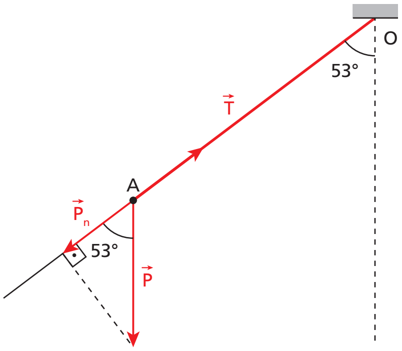
No ponto **A**:

$$T - P_n = F_{cp_A}$$

$$T - m\,g\cos 53° = \frac{m\,v_A^{\,2}}{L}$$

$$T - 3,0 \cdot 10 \cdot 0,60 = \frac{3,0\,(2,0)^2}{1,5}$$

$$\boxed{T = 26\ \text{N}}$$



Resposta: 26 N

52.

$$\cos\theta = \frac{P}{F} \Rightarrow \cos\theta = \frac{1}{n} \qquad \text{(I)}$$

$$\text{sen}^2\,\theta + \cos^2\theta = 1$$

$$\text{sen}^2\theta + \frac{1}{n^2} = 1$$

$$\text{sen}\,\theta = \frac{1}{n}\sqrt{n^2 - 1} \qquad \text{(II)}$$

$$\text{tg}\,\theta = \frac{F_{cp}}{P} \Rightarrow \frac{\text{sen}\,\theta}{\cos\theta} = \frac{m\,v^2}{R\,m\,g}$$

Da qual:

$$R = \frac{\cos\theta}{\text{sen}\,\theta}\,\frac{v^2}{g} \qquad \text{(III)}$$

Substituindo (I) e (II) em (III), temos:

$$R = \frac{1}{n\,\frac{1}{n}\,\sqrt{n^2 - 1}}\,\frac{v^2}{g}$$

$$R = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{5}{3}\right)^2 - 1}} \cdot \frac{(40)^2}{10}\ \text{(m)}$$

Logo: $\boxed{R = 120\ \text{m}}$

Resposta: 120 m

53.

a)

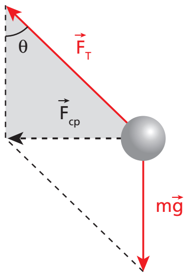
$$\text{tg}\,\theta = \frac{F_{cp}}{m\,g} = \frac{m\,\omega^2\,r}{m\,g}$$

$$\omega^2 = \frac{g}{r}\,\text{tg}\,\theta \qquad \text{(I)}$$

$$\omega = \frac{2\,\pi}{T} \Rightarrow \omega^2 = \frac{(2\,\pi)^2}{T^2} \qquad \text{(II)}$$

De (I) e (II), vem:

$$\frac{(2\,\pi)^2}{T} = \frac{g}{r}\,\text{tg}\,\theta \Rightarrow \boxed{T = 2\,\pi\sqrt{\frac{r}{g\,\text{tg}\,\theta}}}$$

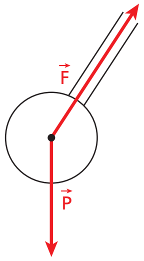


b) Como **T** é inversamente proporcional à raiz quadrada de **g**, reduzindo-se a intensidade da aceleração da gravidade a $\frac{g}{4}$, **T** dobra.

Respostas: a) $T = 2\pi\sqrt{\frac{r}{g\,\text{tg}\,\theta}}$; b) O período dobraria.

54.

a)



em que:

$\vec{P}$ = força da gravidade (peso)

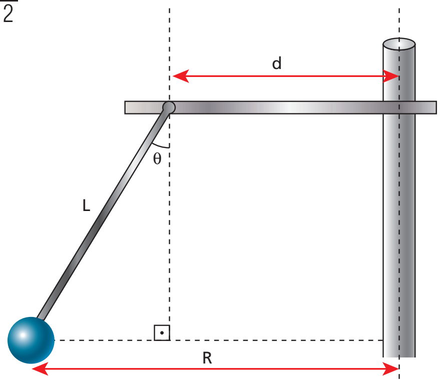
$\vec{F}$ = força aplicada pela haste

b) (I) $\text{sen}\,\theta = \frac{R - d}{L}$

$$R - d = L\ \text{sen}\ 30°$$

$$R - 0{,}1 = 0{,}2 \cdot \frac{1}{2}$$

$\boxed{R = 0{,}2\ \text{m}}$



(II) $\text{tg}\,\theta = \frac{F_{cp}}{P}$

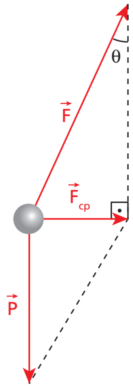
$$\text{tg}\,\theta = \frac{m\,\omega^2\,R}{m\,g}$$

Assim: $\omega = \sqrt{\frac{g\,\text{tg}\,\theta}{R}}$

Sendo $g = 10\ \text{m/s}^2$, $\text{tg}\,\theta = \frac{\sqrt{3}}{3} \cong \frac{1{,}8}{3} = 0{,}6$ e $R = 0{,}2$ m, vem:

$$\omega = \sqrt{\frac{10 \cdot 0{,}6}{0{,}2}}\ \text{(rad/s)}$$

Logo: $\boxed{\omega \cong 5{,}5\ \text{rad/s}}$



Respostas:

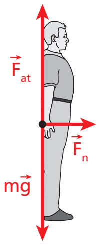
a) Veja figura na resolução;

b) 5,5 rad/s

55.

Equilíbrio na vertical:

$$\left\{\begin{array}{l} F_{at} = m\,g \\ F_{at} \leqslant \mu\,F_n \end{array}\right\}\ m\,g \leqslant \mu\,F_n \qquad \text{(I)}$$



Mas:

$$F_n = F_{cp}$$

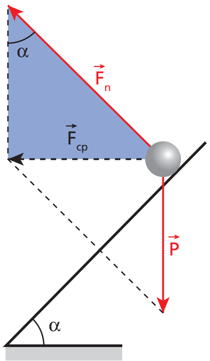
$$F_n = m\ \ \omega^2\ \ R \qquad \text{(II)}$$

De (I) e (II), vem:

$$m\,g \leqslant \mu\,m\,\omega^2\,R \Rightarrow \omega \geqslant \sqrt{\frac{g}{\mu\,R}} \Rightarrow \boxed{\omega_{mín} = \sqrt{\frac{g}{\mu\,R}}}$$

Resposta: $\sqrt{\frac{g}{\mu R}}$

56.



$$\text{tg}\ \alpha = \frac{F_{cp}}{P} \Rightarrow \text{tg}\ \alpha = \frac{\frac{m\ v^2}{R}}{m\ g} \Rightarrow \text{tg}\ \alpha = \frac{v^2}{R\ g}$$

Da qual: $\boxed{v = \sqrt{g\ R\ \text{tg}\ \alpha}}$

Resposta: $v = \sqrt{g\ R\ \text{tg}\ \alpha}$

57.

a) O peso aparente do astronauta tem valor igual ao da força normal que ele recebe do piso da estação. Essa força faz o papel de resultante centrípeta no MCU que o astronauta realiza em torno do eixo da estação.

$$P_{ap_1} = F_{cp_1} \Rightarrow m \quad g = m \quad \omega^2 \quad R$$

$$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}}$$

b)

$$\boxed{P_{ap_1} = m \quad g}$$

$$P_{ap_2} = m \quad \omega^2 \quad (R - h)$$

$$\boxed{P_{ap_2} = m\ g\ \frac{(R - h)}{R}}$$

Como a fração $\frac{R - h}{R}$ é menor que 1, $P_{ap_2} < P_{ap_1}$ e o astronauta tem seu peso aparente reduzido ao passar do primeiro para o segundo andar da estação.

Respostas: a) $\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$; b) $m\ g\ \frac{(R - h)}{R}$, e o peso aparente diminui.

58.

$$v_{máx} = \sqrt{\mu_e g\ R}$$

$$v_{máx} = \sqrt{0{,}40 \cdot 10 \cdot 625}\ (m/s)$$

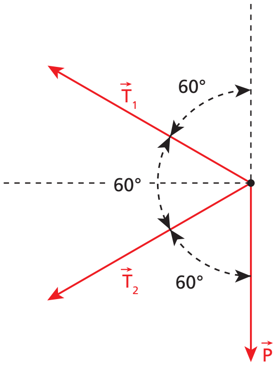
$$\boxed{v_{máx} = 50\ m/s = 180\ km/h}$$

Os pilotos que entram na curva com velocidade superior a 180 km/h derrapam.

Resposta: c

59.

1) Forças atuantes na esfera **E**:



O triângulo ABE é equilátero.

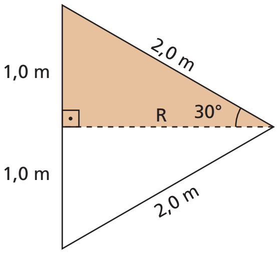
2) Na direção vertical, a força resultante na esfera é nula:

$$T_1 \quad \cos 60° = T_2 \quad \cos 60° + P$$

$$T_1\ \frac{1}{2} = T_2\ \frac{1}{2} + 10$$

$$T_1 = T_2 + 20 \qquad \text{(I)}$$

3) Na direção horizontal, a força resultante é centrípeta:



$$T_1 \quad \cos 30° + T_2 \quad \cos 30° = m \quad \omega^2 \quad R$$

Da figura: $\text{tg}\ 30° = \frac{1{,}0}{R}$

$$R = \frac{10}{\text{tg}\ 30°} = \frac{1{,}0}{\frac{\sqrt{3}}{3}} = \frac{3}{\sqrt{3}} = \sqrt{3}\ (m)$$

$$\left(T_1 + T_2\right)\ \frac{\sqrt{3}}{2} = 1{,}0\ \left(5{,}0\right)^2\ \sqrt{3}$$

$$T_1 + T_2 = 50 \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (I) em (II), temos:

$$T_2 + 20 + T_2 = 50$$

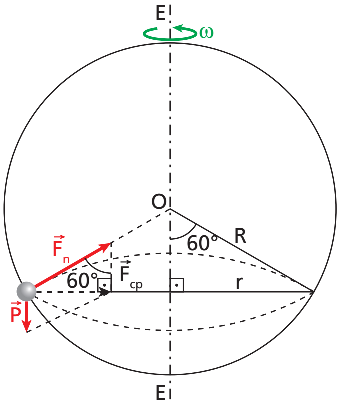
$$2 \quad T_2 = 30 \Rightarrow \boxed{T_2 = 15\ N}$$

Em (II):

$$T_1 + 15 = 50 \Rightarrow \boxed{T_1 = 35\ N}$$

Resposta: Fio 1: 35 N; fio 2: 15 N

60.



(I) $\text{sen } 60° = \frac{r}{R}$

$$\boxed{r = \frac{\sqrt{3}}{3}\ R}$$

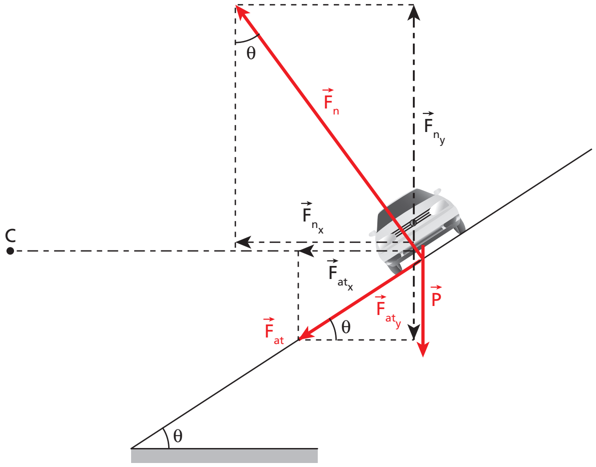
(II) $\text{tg } 60° = \frac{F_{cp}}{P}$

$$\sqrt{3} = \frac{m\,\omega^2\, r}{m\, g} \Rightarrow \omega^2 = \sqrt{3}\ \frac{g}{r}$$

$$\omega^2 = \sqrt{3}\ \frac{g}{\frac{\sqrt{3}}{3}\ R} \Rightarrow \boxed{\omega = \sqrt{\frac{2\,g}{R}}}$$

Resposta: $\sqrt{\frac{2\,g}{R}}$

61.



- Equilíbrio na vertical:

$$F_{n_y} = F_{at_y} + P$$

$$F_n \ \cos\theta = \mu \ F_n \ \text{sen}\,\theta + m \ g$$

Da qual: $\boxed{F_n = \frac{m\ g}{\cos\theta - \mu\ \text{sen}\,\theta}}$ (I)

Carro em movimento circular e uniforme na iminência de escorregar rampa acima:

$$F_{n_x} + F_{at_x} = F_{cp}$$

$$F_n \ \text{sen}\,\theta + \mu \ F_n \ \cos\theta = F_{cp}$$

Da qual: $\boxed{F_n \left(\text{sen}\,\theta + \mu\cos\theta\right) = \frac{m\ v_{máx}^{\ 2}}{R}}$ (II)

Substituindo (I) em (II), temos:

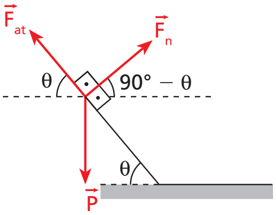
$$\frac{m\ g}{\cos\theta - \mu\ \text{sen}\,\theta}\left(\text{sen}\,\theta + \mu\cos\theta\right) = \frac{m\ v_{máx}^{\ 2}}{R}$$

Assim: $\boxed{v_{máx} = \sqrt{\frac{R\ g\left(\text{sen}\,\theta + \mu\cos\theta\right)}{\cos\theta - \mu\ \text{sen}\,\theta}}}$

Resposta: $\sqrt{\frac{R\ g\ (\text{sen}\,\theta + \mu\ \cos\theta)}{\cos\ \theta - \mu\ \text{sen}\ \theta}}$

62.

Se a moeda gira com a mínima velocidade angular, então ela fica na iminência de escorregar para baixo. Assim, as forças que agem sobre ela são o peso ($\vec{P}$), a força de atrito cinético ($\vec{F}_{at}$) e a força normal ($\vec{F}_n$), conforme indica a figura ao lado.



A resultante das forças na horizontal deve ser centrípeta, logo:

$$F_n \cos(90^o - \theta) - \mu\, F_n \cos\theta = F_{cp}$$

$$F_n\,(\text{sen}\,\theta - \mu\ \cos\theta) = m\,\omega^2 R \quad \text{(I)}$$

A resultante das forças na vertical deve ser nula, logo:

$$F_n\ \text{sen}\,(90^o - \theta) + \mu\, F_n\ \text{sen}\,\theta = P$$

$$F_n\,(\cos\theta + \mu\ \text{sen}\,\theta) = mg \qquad \text{(II)}$$

Dividindo-se I por II, membro a membro, vem:

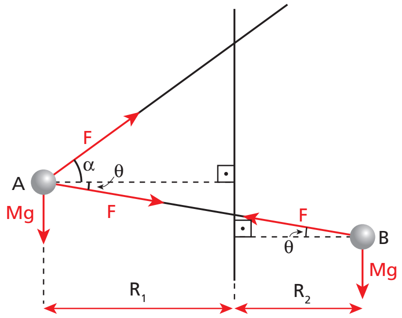
$$\frac{F_n\ (\text{sen}\,\theta\ -\ \mu\ \ \cos\theta)}{F_n\ (\cos\ \theta\ + \mu\ \text{sen}\ \theta)} = \frac{m\,\omega^2\ R}{m\ g}$$

Da qual: $\boxed{\omega = \sqrt{\frac{g\ (\text{sen}\,\theta\ - \mu\ \cos\ \theta)}{R\ (\cos\ \theta\ + \mu\ \text{sen}\ \theta)}}}$

Resposta: $\omega = \sqrt{\frac{g(\text{sen}\,\theta\ - \mu\ \cos\ \theta)}{R(\cos\ \theta\ + \mu\ \text{sen}\ \theta)}}$

63.

Esquema de forças nas bolas **A** e **B**:



a) Equilíbrio de **B** na vertical:

$$F\ \ \text{sen}\,\theta = M\,g \Rightarrow F\ \ 0{,}4 = M\,g$$

$$\boxed{F = 2{,}5\ \ m\ \ g}$$

b) Equilíbrio de **A** na vertical:

$$F\ \ \text{sen}\,\alpha = F\ \ \text{sen}\,\theta + M\,g$$

$$2{,}5\ \ M\,g\ \ \text{sen}\,\alpha = 2{,}5\ \ M\,g\ \ 0{,}4 + M\,g$$

$$2{,}5\ \ \text{sen}\,\alpha = 2{,}0 \Rightarrow \boxed{\text{sen}\,\alpha = 0{,}8}$$

$$K = \frac{\text{sen}\ \alpha}{\text{sen}\ \theta} \Rightarrow K = \frac{0{,}8}{0{,}4} \Rightarrow \boxed{K = 2}$$

c) Movimento circular e uniforme de **B**:

(I) $F_{cp_B} = F\cos\theta \Rightarrow M\,\omega^2\,R_2^{\ 2} = 2{,}5\,M\,g\cos\theta$

$\omega^2\ \ 0{,}10 = 2{,}5 \cdot 10 \cdot 0{,}9 \Rightarrow \boxed{\omega = 15\ \text{rad/s}}$

(II) $2\ \ \pi\ \ f = \omega \Rightarrow 2 \cdot 3 \cdot f = 15$

$\boxed{f = 2{,}5\ \text{Hz}}$

Respostas: a) F = 2,5 M g; b) K = 2; c) 2,5 voltas por segundo

64. Equilíbrio de **B** na vertical:

$T = P_B \Rightarrow \boxed{T = M g}$

1º caso: $\omega_{máx}$

O bloco **A** fica na iminência de se deslocar no sentido de se aproximar da borda de $\mathbf{D}_1$.

$T + F_{at_d} = F_{cp_1}$

$M g + \mu m g = m \omega^2_{máx} R$

Da qual: $\boxed{\omega_{máx} = \sqrt{\dfrac{(M + \mu m)g}{m R}}}$

2º caso: $\omega_{mín}$

O bloco **A** fica na iminência de se deslocar no sentido de se afastar da borda de $\mathbf{D}_1$.

$T - F_{at_d} = F_{cp_2}$

$M g - \mu m g = m \omega^2_{mín} R$

Da qual: $\boxed{\omega_{mín} = \sqrt{\dfrac{(M + \mu m)g}{m R}}}$

A relação pedida fica determinada fazendo-se:

$$\frac{\omega_{máx}}{\omega_{mín}} = \sqrt{\frac{(M + \mu m)g}{m R} \cdot \frac{m R}{(M - \mu m)g}}$$

Da qual: $\boxed{\dfrac{\omega_{máx}}{\omega_{mín}} = \left(\dfrac{M + \mu m}{M - \mu m}\right)^{\frac{1}{2}}}$

Resposta: $\dfrac{\omega_{máx}}{\omega_{mín}} = \left(\dfrac{M + \mu m}{M - \mu m}\right)^{\frac{1}{2}}$

Página 229

65.

b e c) $F_{cf} = F_{cp} = \dfrac{m v^2}{R}$

e) A força centrífuga não é a reação da força centrípeta. A força centrífuga é uma força de inércia que não obedece à Lei da Ação e Reação.

Resposta: e

66.

Resposta: a

67.

(01) Correta

(02) Incorreta

A pessoa permanece em repouso em relação ao cilindro, ainda mais "grudada" na parede, já que a força de atrito de destaque aumenta.

(04) Incorreta

(08) Correta

(16) Correta

Resposta: 25

Tópico 4 – Gravitação

Página 236

1.

Órbitas circulares estão previstas na 1ª Lei de Kepler, já que uma circunferência é um caso particular de elipse que tem os focos coincidentes.

Resposta: e

2.

a) Conforme a 2ª Lei de Kepler, em intervalos de tempo iguais, o raio vetor do planeta varre áreas iguais. Logo:

Se $\Delta t_1 = \Delta t_2 \Rightarrow A_1 = A_2$ ou $\dfrac{A_1}{A_2} = 1$

b) 2ª Lei de Kepler

Respostas: a) $\dfrac{A_1}{A_2} = 1$; b) 2ª Lei de Kepler.

3.

(I) Correta

(II) Incorreta

Os movimentos realizados em órbitas elípticas, como nesse caso, são variados: acelerados do afélio para o periélio e retardados do periélio para o afélio.

(III) Correta

Quanto mais próximo do sol orbita o planeta, menor é o seu período de transformação (3ª Lei de Kepler)

$\boxed{T_{Urano} < T_{Netuno} < T_{TL66}}$

Resposta: e

4.

e) O movimento só seria uniforme no caso particular de uma órbita circular.

Resposta: b

5.

(01) Correta

Esta é a 3ª Lei de Kepler

(02) Correta $\dfrac{R_2^{\ 3}}{T_2^{\ 2}} = \dfrac{R_1^{\ 3}}{T_1^{\ 2}} \Rightarrow T_2^{\ 2} = \left(\dfrac{R_2}{R_1}\right)^3 T_1^{\ 2}$

$T_2^2 = \left(\dfrac{4R_1}{R_1}\right)^3 T_1^2 \Rightarrow T_2^2 = 64T_1^2$

$\boxed{T_2 = 8T_1}$

(04) Incorreta

Está em desacordo com a 3ª Lei de Kepler.

(08) Correta

$T_{Mercúrio} \cong 88$ dias; $T_{Netuno} \cong 165$ anos

(16) Incorreta

As estações do ano estão relacionadas com o movimento de precessão da Terra. A órbita terrestre é praticamente circular, não havendo diferenças significativas entre os parâmetros verificados no periélio e no afélio.

Resposta: 11

6.

O período só depende da massa da Terra; independe da massa do satélite.

Resposta: c

7.

As Leis de Kepler são universais, aplicando-se à gravitação de qualquer corpo em torno de uma massa central.

As Leis de Kepler estão de acordo com a mecânica de Newton, que as demonstrou matematicamente utilizando sua teoria.

Resposta: c

8.

a) A velocidade de transformação do planeta em torno do Sol tem intensidade máxima no periélio (ponto **A**) e mínima, no afélio (ponto **C**).

b) $(\text{Área})_{DAB} < (\text{Área})_{ABC} < (\text{Área})_{CDA} < (\text{Área})_{BCD}$

Logo: $\boxed{\Delta t_{DAB} < \Delta t_{ABC} = \Delta t_{CDA} < \Delta t_{BCD}}$

Respostas: a) Velocidade máxima: ponto **A**;
Velocidade mínina: ponto **C**.
b) $\Delta t_{DAB} < \Delta t_{ABC} = \Delta t_{CDA} < \Delta t_{BCD}$

10.

$$\frac{R_2^{\,3}}{T_2^2} = \frac{R_1^{\,3}}{T_1^2} \Rightarrow R_2^{\,3} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 R_1^{\,3}$$

$$R_2^{\,3} = \left(\frac{256}{32}\right)^2 \cdot (5)^3 \Rightarrow \boxed{R_2 = 20 \text{ unidades}}$$

Resposta: 20 unidades.

11.

a) $$\left(\frac{R^3}{T^2}\right)_T = \left(\frac{R^3}{T^2}\right)_C \Rightarrow R_T^{\,3} = \left(\frac{T_T}{T_C}\right)^2 R_C^{\,3}$$

$$R_T^{\,3} = \left(\frac{27T_C}{T_C}\right)^2 \cdot R^3 \Rightarrow R_T^{\,3} = 27 \cdot 27R^3$$

Da qual: $\boxed{R_T = 9R}$

b) $d_{máx} = 9R + R \Rightarrow d_{máx} = 10R$

$d_{mín} = 9R - R \Rightarrow d_{mín} = 8R$

Logo: $\boxed{8R \leqslant d \leqslant 10R}$

Respostas: a) 9R; b) $8R \leqslant d \leqslant 10R$

12.

a) Os satélites geoestacionários têm órbitas contidas no plano equatorial da Terra e seu período de revolução é igual ao período de rotação da Terra, isto é, 24 h.

b) $$R_S^{\,3} = \left(\frac{T_S}{T_L}\right)^2 R_L^{\,3} \Rightarrow R_S^{\,3} = \left(\frac{1}{27}\right)^2 (60R)^3$$

$\boxed{R_S \cong 6{,}7R}$

Respostas: a) 1 dia ou 24 h; b) Aproximadamente 6,7R

Página 244

13. De **A** (periélio) para **C** (afélio), o planeta descreve um movimento retardado sob a ação exclusiva da força gravitacional aplicada pelo Sol. Em **A** a velocidade orbital do planeta tem intensidade máxima e em **C**, intensidade mínima. Logo:

$$\boxed{t_{AB} < t_{BC}}$$

$\vec{F}_A$ e $\vec{F}_B$ são dirigidas para o centro de massa da estrela.

Resposta: a

14.

As partículas interagem atraindo-se mutuamente com forças gravitacionais que constituem um par ação-reação, de acordo com a 3ª Lei de Newton.

O cálculo da intensidade da força atrativa é feito por:

$$F = G\frac{M\,m}{d^2}$$

F é diretamente proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância.

Resposta: b

15.

$$F = G\frac{Mm}{d^2};\ F' = G\frac{\frac{M}{2} \cdot \frac{m}{2}}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = G\frac{M\,m}{d^2}$$

Logo: $\boxed{F' = F}$

Resposta: c

17.

$$F = G\frac{M\,m}{d^2}$$

$$\frac{F_{AB}}{F_{CB}} = \frac{G\frac{5M \cdot 2M}{(2\,d)^2}}{G\frac{M \cdot 2M}{(4\,d)^2}} \Rightarrow \boxed{\frac{F_{AB}}{F_{CB}} = 20}$$

Resposta: 20

18.

$$F_{1,\,3} = F_{2,\,3} \Rightarrow G\frac{8MM}{d_1^{\,2}} = G\frac{2MM}{d_2^{\,2}}$$

$\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = 4 \Rightarrow \boxed{d_1 = 2\,d_2}$ (Ponto D)

Resposta: d

20.

$$F = F_{cp} \Rightarrow F = \frac{m\,v^2}{R} \Rightarrow F = \frac{m}{R}\left(\frac{2\pi\,R}{T}\right)^2$$

$$F = \frac{4\pi^2\,m\,R}{T^2} \Rightarrow F = \frac{4\,(3{,}14)^2\,5{,}0 \cdot 10^{24} \cdot 1{,}0 \cdot 10^{11}}{(2{,}0 \cdot 10^7)^2}\ \text{(N)}$$

Da qual: $\boxed{F \cong 5{,}0 \cdot 10^{22}\ \text{N}}$

Resposta: a

21.

a) Trata-se de um satélite geoestacionário, cujo período de revolução em torno da Terra é de 1 dia ou 24 h.

b) Pelo fato de o satélite estar em movimento ao longo da órbita. Nesse caso, a força de atração gravitacional da Terra sobre ele desempenha a função de resultante centrípeta, servindo apenas para alterar a direção da velocidade vetorial.

Respostas: a) 24 h; b) Ver resolução.

22.

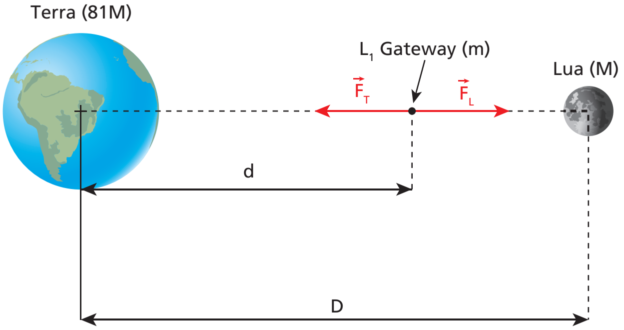
$$F = G\frac{M\,m}{d^2} \Rightarrow F = 6{,}7 \cdot 10^{-11}\,\frac{(200 \cdot 10^3)^2}{(1{,}0 \cdot 10^3)^2}\ (\text{N})$$

Da qual: $\boxed{F = 2{,}68 \cdot 10^{-6}\ \text{N}}$

Ordem de grandeza: 10^{-6}

Resposta: b

23.



No ponto de equilíbrio gravitacional: $F_L = F_T$

$$G\frac{M\,m}{(D - d)^2} = G\frac{81\,M\,m}{d^2} \Rightarrow \left(\frac{d}{D - d}\right)^2 = 81$$

$$\frac{d}{D - d} = 9 \Rightarrow d = 9\,D - 9\,d \Rightarrow 10\,d = 9\,D$$

$d = 0{,}90\,D \Rightarrow \boxed{d = 90\%\,D}$

Resposta: d = 90% D

24.

a) $F_{cp} = F \Rightarrow \frac{m\,v^2}{d} = G\frac{M\,m}{d^2}$

$$v = \sqrt{\frac{G\,M}{d}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G\,M}{R + h}}$$

Sendo $G = 6{,}7 \cdot 10^{-11}\ \text{N m}^2/\text{kg}^2$, $M = 6{,}0 \cdot 10^{24}$ kg, $R = 6{,}4 \cdot 10^6$ m e $h = 270 \cdot 10^3$, obtém-se:

$$v = \sqrt{\frac{6{,}7 \cdot 10^{-11} \cdot 6{,}0 \cdot 10^{24}}{6{,}4 \cdot 10^6 + 0{,}27 \cdot 10^6}}\ (\text{m/s})$$

Da qual: $\boxed{v \cong 7{,}8 \cdot 10^3\ \text{m/s} = 7{,}8\ \text{km/s}}$

b) $v = \frac{2\pi\,d}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi\,(R + h)}{v}$

$$T = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot (6{,}4 \cdot 10^6 + 0{,}27 \cdot 10^6)}{7{,}8 \cdot 10^3}\ (\text{s})$$

Da qual: $\boxed{T \cong 5{,}4 \cdot 10^3\ \text{s} \cong 89\ \text{min}\ 33\ \text{s}}$

Respostas: a) Aproximadamente 7,8 km/s; b) Aproximadamente 89 min 33 s

25.

a) $\frac{R_P^{\,3}}{T_P^{\,2}} = \frac{R_M^{\,3}}{T_M^{\,2}} \Rightarrow T_P^{\,2} = \left(\frac{R_P}{R_M}\right)^3 T_M^2$

$$T_P^2 = \left(\frac{100\,R_M}{R_M}\right)^3 \left(\frac{1}{4}\right)^2 \Rightarrow \boxed{T_P = 250\ \text{anos}}$$

b) $F = F_{cp} \Rightarrow G\,\frac{M\,m}{R^2} = \frac{m\,v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G\,M}{R}}$

$$\frac{v_P}{v_T} = \sqrt{\frac{G\,M}{R_P}\,\frac{R_T}{G\,M}} \Rightarrow \frac{v_P}{30} = \sqrt{\frac{R_T}{40\,R_T}}$$

$\boxed{v_P \cong 4{,}7\ \text{km/s}}$

Respostas: a) 250 anos; b) Aproximadamente 4,7 km/s.

26.

a) $\frac{D_x^{\,3}}{T_x^{\,2}} = \frac{D_T^{\,3}}{D_T^{\,2}} \Rightarrow D_x^{\,3} = \left(\frac{T_x}{T_T}\right)^2 D_T^{\,3}$

$$D_x^{\,3} = \left(\frac{125}{1}\right)^2 \cdot 1^3$$

$\boxed{D_x = 25\ \text{UA}}$

b) $F_{cp} = F \Rightarrow \frac{m\,v^2}{D} = G \cdot \frac{M\,m}{D^2}$

$$v = \sqrt{\frac{G\,M}{D}}$$

$$\frac{v_x}{v_T} = \frac{\sqrt{\frac{G\,M}{D_x}}}{\sqrt{\frac{G\,M}{D_T}}} = \sqrt{\frac{D_T}{D_x}}$$

$$\frac{v_x}{v_T} = \sqrt{\frac{1}{25}} \Rightarrow \boxed{\frac{v_x}{v_T} = \frac{1}{5}}$$

Respostas: a) 25 UA; b) $\frac{1}{5}$

27.

a) $F = F_{cp} \Rightarrow G\,\frac{M\,m}{r^2} = \frac{m\,v^2}{r} \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\frac{G\,M}{r}}}$

b) $\frac{v_i}{v_e} = \sqrt{\frac{G\,M}{R_i}\,\frac{R_e}{G\,M}} \Rightarrow \frac{\omega_i\,R_i}{\omega_e\,R_e} = \sqrt{\frac{R_e}{R_i}}$

$$\frac{\omega_i}{\omega_e} = \sqrt{\frac{R_e^{\,3}}{R_i^3}} \Rightarrow \boxed{\frac{\omega_i}{\omega_e} = \left(\frac{R_e}{R_i}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

Respostas: a) $v = \sqrt{\frac{G\,M}{r}}$; b) $\frac{\omega_i}{\omega_e} = \left(\frac{R_e}{R_i}\right)^{\frac{3}{2}}$

28.

(1) Correta.

Lei de Newton:

$$F = G\frac{M\,M}{d^2}$$

$$F = G\frac{MM}{(2\,R)^2} \Rightarrow \boxed{F = \frac{G\,M^2}{4\,R^2}}$$

(2) Incorreta.

$$F_{cp} = F \Rightarrow \frac{M\,v^2}{R} = \frac{G\,M^2}{4\,R^2}$$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{G\,M}{4\,R}}}$$

(3) Correta.

$$\frac{2\pi\,R}{T} = \sqrt{\frac{G\,M}{4\,R}}$$

$$\frac{(2\pi)^2\,R^2}{T^2} = \frac{G\,M}{4\,R}$$

Da qual: $\boxed{T = 4\pi\sqrt{\frac{R^3}{G\,M}}}$

Resposta: e

Página 252

29.

(01) Correta.

A intensidade do peso é diretamente proporcional à intensidade da aceleração da gravidade ($P = mg$).

(02) Incorreta.

A massa de Garfield será a mesma, já que a massa independe do local.

(04) Incorreta.

A intensidade do peso depende do valor de g do local. Esse valor é função da massa e do raio do planeta conjuntamente, conforme a expressão:

$$g = G\frac{M}{R^2}$$

(08) Incorreta.

(16) Correta.

$$\frac{g'}{g} = \frac{G\frac{2\,M}{(2\,R)^2}}{G\frac{M}{R^2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{g' = \frac{g}{2}}$$

(32) Incorreta.

Resposta: 17

31.

$P_x = m\,g_x \Rightarrow 240 = m\,4,0$

$\boxed{m = 60\text{ kg}}$

$P_T = m\,g_T \Rightarrow P_T = 60 \cdot 10\text{ (N)}$

$\boxed{P_T = 600\text{ N}}$

Resposta: 60 kg e 600 N

32.

$$\frac{g_H}{g_T} = \frac{G\frac{M_T}{10\,(0,25\,R_T)^2}}{G\frac{M_T}{{R_T}^2}} = \frac{16}{10}$$

$$\frac{g_H}{10} = \frac{16}{10} \Rightarrow \boxed{g_H = 16\text{ m/s}^2}$$

Resposta: b

33.

a) $P_T = m\,g_T \Rightarrow 2,0 \cdot 10^3 = m\,10$

$\boxed{m = 2,0 \cdot 10^2\text{ kg}}$

b)

(I) $$\frac{g_M}{g_T} = \frac{G\frac{M_T}{10\,\left(0,5\,R_T\right)^2}}{G\frac{M_T}{{R_T}^2}} = 0,4$$

$$\frac{g_M}{10} = 0,4 \Rightarrow \boxed{g_M = 4,0\text{ m/s}^2}$$

(II) $P_M = m\,g_M \Rightarrow P_M = 2,0 \cdot 10^2 \cdot 4,0\text{ (N)}$

$\boxed{P_M = 8,0 \cdot 10^2\text{ N}}$

Respostas: a) $2,0 \cdot 10^2$ kg; b) $8,0 \cdot 10^2$ N

35.

$$\frac{g_P}{g_T} = \frac{G\frac{M}{(R + h)^2}}{G\frac{M}{R^2}} \Rightarrow \frac{1,1}{10} = \left(\frac{R}{R + h}\right)^2$$

$$\frac{R}{R + h} \cong 0,33 \Rightarrow R = 0,33\,R + 0,33\,h \Rightarrow h = \frac{0,67\,R}{0,33}$$

Da qual: $\boxed{h \cong 2\,R}$

Resposta: b

36.

$$\frac{g_P}{g_T} = \frac{G\frac{M}{(R + h)^2}}{G\frac{M}{R^2}} \Rightarrow \frac{0,40}{10} = \left(\frac{6\,400}{6\,400 + h}\right)^2$$

$$\frac{6\,400}{6\,400 + h} = 0,20 \Rightarrow 6\,400 = 1\,280 + 0,20h$$

$0,20h = 5\,120 \Rightarrow \boxed{h = 25\,600\text{ km}}$

Resposta: $2,56 \cdot 10^4$ km

37.

Quando um veículo se desloca com aceleração vetorial igual a $\vec{g}$, em qualquer trajetória, corpos no seu interior permanecem imponderáveis, isto é, aparentando peso nulo.

Resposta: d

38.

Em Marte: $g_M = G\,\frac{M_M}{R_M^{\,2}}$

Na Terra: $g_T = G\,\frac{M_T}{R_T^{\,2}}$

$$\frac{g_M}{g_T} = \frac{M_M}{M_T}\left(\frac{R_T}{R_M}\right)^2$$

$$\frac{g_M}{10} = \frac{0{,}11\ M_T}{M_T}\left(\frac{R_T}{0{,}53\ R_T}\right)^2$$

$\boxed{g_M \cong 3{,}91\ m/s^2}$

Resposta: c

40.

(I) $V = \frac{4}{3}\,\pi\,R^3$

$$\frac{V'}{V} = \left(\frac{R'}{R}\right)^3 \Rightarrow \frac{8\ V}{V} = \left(\frac{R'}{R}\right)^3 \Rightarrow \boxed{R' = 2\ R}$$

(II) $g = G\,\frac{M}{R^2}$

(III) $\frac{g'}{g} = \left(\frac{R}{R'}\right)^2 \Rightarrow \frac{g'}{16} = \left(\frac{R}{2\ R}\right)^2 \Rightarrow \boxed{g' = 4{,}0\ m/s^2}$

Resposta: 4,0 m/s²

41.

$$\mu = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\,\pi\,R^3}$$

$M = \frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,R^3$ (I)

$g = G\,\frac{M}{R^2}$ (II)

Substituindo (I) em (II), temos:

$$g = G\,\frac{\frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,R^3}{R^2}$$

Logo: $\boxed{g = \frac{4}{3}\,\pi\,\mu\,R}$

Planeta P_1:

$g_0 = \frac{4}{3}\,\pi\,G\,\mu_1\,R$ (III)

Planeta P_2:

$10\ g_0 = \frac{4}{3}\,\pi\,G\,\mu_2\,5\,R$ (IV)

Dividindo-se (III) por (IV), vem:

$$\frac{g_0}{10\ g_0} = \frac{\frac{4}{3}\,\pi\,G\,\mu_1\,R}{\frac{4}{3}\,\pi\,G\,\mu_2\,5\,R}$$

Da qual: $\boxed{\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{1}{2}}$

Resposta: $\frac{1}{2}$

43.

(I)

$$g = \frac{4}{3}\,\pi\,G\,\mu\,R$$

$$\frac{g_P}{g_T} = \frac{\mu_P\,R_P}{\mu_T\,R_T} \Rightarrow \frac{g_P}{g_T} = \frac{\frac{2}{3}\,\mu_T\,\frac{1}{4}\,R_T}{\mu_T\,R_T} \Rightarrow \boxed{g_P = \frac{1}{6}\,g_T}$$

(II) MUV: $v^2 = v_0^{\,2} + 2 \cdot a \cdot \Delta s$

$$0 = v_0^{\,2} + 2\ (-g)\ H \Rightarrow H = \frac{v_0^{\,2}}{2\ g}$$

$$\frac{H_P}{H_T} = \frac{v_0^{\,2}}{2\ g_P} \cdot \frac{2\ g_T}{v_0^{\,2}} \Rightarrow \frac{H_P}{0{,}50} = \frac{6\ g_P}{g_P} \Rightarrow \boxed{H_P = 3{,}0\ m}$$

Resposta: 3,0 m

44.

$$a = g \Rightarrow a = G\,\frac{M}{(R + h)^2}$$

$$a = G\,\frac{M}{(R + 9\ R)^2} \Rightarrow a = \frac{1}{100}\,G\,\frac{M}{R^2}$$

$$a = \frac{1}{100}\,g_0 \Rightarrow a = \frac{10}{100}\left(m/s^2\right) \Rightarrow \boxed{a = 0{,}10\ m/s^2}$$

Resposta: 0,10 m/s²

45.

(I)

$$\frac{g_1}{g_T} = \frac{G\,\frac{M}{(R')^2}}{G\,\frac{M}{R_T^{\,2}}} = \left(\frac{R_T}{R'}\right)^2$$

$$\frac{g_1}{10} = \left(\frac{R_T}{0{,}8\ R_T}\right)^2 \Rightarrow \boxed{g_1 \cong 15{,}6\ m/s^2}$$

(II)

$g_2 = g_T \Rightarrow \boxed{g_2 = 10\ m/s^2}$

Resposta: e

47.

No Equador: $m\,\omega^2\,R + I_1 = G\,\frac{M\,m}{R^2}$

Da qual: $\boxed{I_1 = G\,\frac{M\,m}{R^2} - m\,\omega^2\,R}$

No Polo Sul: $\boxed{I_2 = G\,\frac{M\,m}{R^2}}$

Fazendo $I_2 - I_1$, temos: $\boxed{I_2 - I_1 = m\,\omega^2\,R}$

Resposta: $m\,\omega^2\,R$

Página 257

48. Se a trajetória for circular, a aceleração será exclusivamente centrípeta ao longo de toda a circunferência e, se for elíptica, a aceleração será exclusivamente centrípeta apenas no afélio e no periélio.

Resposta: e

49.

$$\left(\frac{R^3}{T^2}\right)_e = \left(\frac{R^3}{T^2}\right)_t \quad 3^a \text{ Lei de Kepler}$$

$$\left(\frac{T_{(t)}}{T_{(e)}}\right)^2 = \left(\frac{R_{(t)}}{R_{(e)}}\right)^3 \Rightarrow \left(\frac{T_{(t)}}{T_{(e)}}\right)^2 = \left(\frac{20R_S}{4R_S}\right)^3$$

$$\left(\frac{T_{(t)}}{T_{(e)}}\right)^2 = 125 \Rightarrow \boxed{\frac{T_{(t)}}{T_{(e)}} \cong 11{,}2}$$

Resposta: a

50.

$$F = F_{cp} \Rightarrow G\frac{M\,m}{d^2} = m\,\omega^2\,d$$

$$M = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{d^3}{G}$$

De onde: $M = \frac{4\pi^2}{G}\,\frac{d^3}{T^2}$ (I)

Movimento uniforme da luz:

$c = \frac{d}{t} \Rightarrow d = ct$ (II)

Substituindo (II) em (I), temos:

$$\boxed{M = \frac{4\pi^2}{G}\,\frac{(ct)^3}{T^2}}$$

Resposta: b

51.

$$F = F_{cp} \Rightarrow G\frac{M\,m}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$$

$$v^2 = \frac{G\,M}{R} \Rightarrow \left(\frac{2\pi\,R}{T}\right)^2 = \frac{G\,M}{R}$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{G\,M}{R^3} \Rightarrow \frac{\pi}{G\,T^2} = \frac{M}{\underbrace{\frac{4}{3}\pi\,R^3}_{\text{volume V da esfera}}}\,\frac{1}{3}$$

Da qual: $\mu = \frac{M}{V} \Rightarrow \mu = \frac{3\pi}{G\,T^2}$

Resposta: $\frac{3\pi}{G\,T^2}$

52.

(I) MUV: $h = g_P\frac{t^2}{2} \Rightarrow 2{,}5 = g_P\frac{(0{,}5)^2}{2} \Rightarrow \boxed{g_p = 20\text{ m/s}^2}$

(II) $g = G\frac{M}{R^2} \Rightarrow M = \frac{g\,R^2}{G}$

$$\frac{M_P}{M_T} = \frac{\frac{g_P\;R_p{}^2}{G}}{\frac{g_T\;R_T{}^2}{G}} \Rightarrow \frac{M_P}{M_T} = \frac{g_P}{g_T}\left(\frac{R_P}{R_T}\right)^2$$

$$\frac{M_P}{M_T} = \frac{20}{10}\left(\frac{3\,R_T}{R_T}\right)^2 \Rightarrow \boxed{\frac{M_P}{M_T} = 18}$$

Resposta: 18

53.

(I) $P = F_G \Rightarrow m\,g = G\,\frac{M\,m}{R^2}$

$\boxed{g = G\,\frac{M}{R^2}}$ (I)

(II) $\rho = \frac{M}{V} \Rightarrow M = \rho V$

$\boxed{M = \rho\,\frac{4}{3}\,\pi\,R^3}$ (II)

(III) Aplicando (II) em (I):

$$g = \frac{G}{R^2}\cdot\rho\,\frac{4}{3}\,\pi\,R^3$$

Da qual:

$$g = \frac{4}{3}\,\pi\,G\,\rho\,R$$

Chamando-se $\frac{4}{3}\,\pi\,G$ de K (constante), vem:

$\boxed{g = K\,\rho\,R}$

(IV) $g_P = g_T$

$K\rho_e\,R_p = K\rho_T\,10^6\,R_P$

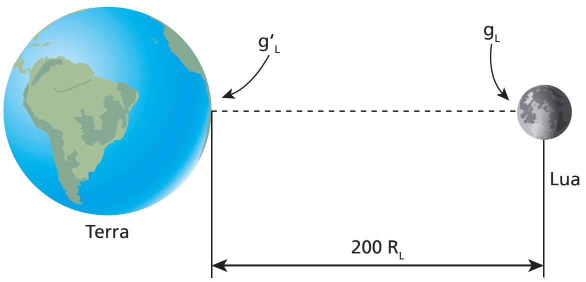
Da qual:

$$\boxed{\frac{\rho_P}{\rho_T} = 10^6}$$

Resposta: c

54.

a)



$$g = G\frac{M}{R^2} \Rightarrow \frac{g'_L}{g_L} = \left(\frac{R_L}{200R_L}\right)^2$$

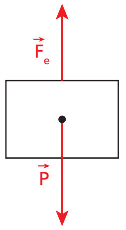
$$\frac{g'_L}{\frac{10}{6}} = \left(\frac{1}{200}\right)^2 \Rightarrow \boxed{g'_L \cong 4{,}2\cdot 10^{-5}\text{ m/s}^2}$$

b) $\Delta P = mg'_L \Rightarrow \Delta P = 3{,}0\cdot 4{,}2\cdot 10^{-5}$ (N)

$\boxed{\Delta P = 1{,}25\cdot 10^{-4}\text{ N}}$

Respostas: a) Aproximadamente $4{,}2\cdot 10^{-5}$ m/s^2; b) $1{,}25\cdot 10^{-4}$ N

55.



No equilíbrio:

$$P = F_e \Rightarrow mg = k\,x$$

Da qual: $g = \frac{k\,x}{m}$

$$\frac{g_P}{g_T} = \frac{\frac{k\,x_P}{m}}{\frac{k\,x_T}{m}} = \frac{x_P}{x_T}$$

$$\frac{g_P}{10{,}0} = \frac{8{,}0 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{g_P = 4{,}0\ m/s^2}$$

(II)

$$g = G\frac{M}{R^2} \Rightarrow R^2 = \frac{G\,M}{g}$$

$$\left(\frac{R_P}{R_T}\right)^2 = \frac{\frac{G\,M_P}{g_P}}{\frac{G\,M_T}{g_T}} = \frac{M_P}{M_T}\ \frac{g_T}{g_P}$$

$$\left(\frac{R_P}{R_T}\right)^2 = \frac{0{,}1\ M_T}{M_T}\ \frac{10{,}0}{4{,}0}$$

Da qual: $\boxed{\frac{R_P}{R_T} = \frac{1}{2}}$

Resposta: $\frac{1}{2}$

56.

a) $F_{cp} = F \Rightarrow m\,\omega^2\,R_T = G\frac{M\,m}{R_T^2}$

$$\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 R_T = g \Rightarrow T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{R_T}{g}}$$

$$T_0 = 2 \cdot 3\sqrt{\frac{6{,}4 \cdot 10^6}{10}}\ (s) \Rightarrow \boxed{T_0 = 4\,800\ s = 80\ min}$$

b) $\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{R_0^3}{T_0^2} \Rightarrow T_1^2 = \left(\frac{R_1}{R_0}\right)^3 T_0^2$

$$T_1^2 = \left(\frac{4R_T}{R_T}\right)^3 T_0^2 \Rightarrow T_1^2 = 64\,(80)^2$$

$$T_1 = 8 \cdot 80\ (min) \Rightarrow \boxed{T_1 = 640\ min}$$

Respostas: a) $T_0 = 80$ min; b) $T_1 = 640$ min

57.

Devido à simetria, nos pontos P_1 (periélio) e P_2 (afélio) o raio de curvatura da elipse é o mesmo (**R**); logo:

Ponto P_1:

$$F_{cp_1} = F_1$$

$$\frac{mv_1^2}{R} = G\frac{M\,m}{d_1^2}$$

$$(d_1v_1)^2 = GMR \quad (I)$$

Ponto P_2:

$$F_{cp_2} = F_2$$

$$\frac{m\,v_2^2}{R} = G\frac{M\,m}{d_2^2}$$

$$(d_2v_2)^2 = GMR \quad (II)$$

Comparando (I) e (II) vem:

$$(d_1v_1)^2 = (d_2v_2)^2$$

$$\boxed{d_1v_1 = d_2v_2}$$

A conclusão acima está de acordo com a conservação do movimento angular do sistema planeta-estrela.

Resposta: Demonstração.

58.

$$F = F_{cp} \Rightarrow G\frac{M\,m}{r^2} = \frac{m\,v^2}{r}$$

$$v^2 = \frac{G\,M}{r} \Rightarrow \left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 = \frac{G\,M}{r}$$

$$\frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{G\,M}{r} \Rightarrow T = \left(\frac{4\pi^2\ r^3}{GM}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (I)$$

$$(II)\ \mu = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi\,R^3}$$

$$M = \frac{4}{3}\pi\,\mu\,R^3 \quad (II)$$

De (II) em (I) vem:

$$T = \left(\frac{4\pi^2\ r^3}{G\frac{4}{3}\pi \cdot \mu\,R^3}\right)^{\frac{1}{2}}$$

De onde vem: $\boxed{T = \left(\frac{3\pi\ r^3}{G\ \mu\ R^3}\right)^{\frac{1}{2}}}$

Resposta: $\left(\frac{3\pi\ r^3}{G\ \mu\ R^3}\right)^{\frac{1}{2}}$

59.

$$F = F_{cp} \Rightarrow \frac{m\,v^2}{R}$$

$$F = \frac{m}{r}\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2 \Rightarrow F = \frac{4\pi^2\,r\,m}{T^2}$$

$$F = \frac{4\pi^2 r}{T^2}\ \boxed{\frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3}}\ \frac{4}{3}\pi\,R^3$$

Sendo: $\frac{m}{\frac{4}{3}\pi\,R^3} = \mu$, temos:

$$\boxed{F = \frac{16\pi^3}{3}\cdot\frac{\mu\,R^3\,r}{T^2}}$$

Resposta: $\frac{16\pi^3}{3}\cdot\frac{\mu\,R^3\,r}{T^2}$

60.

Se no equador de Planton o peso aparente dos corpos é nulo, temos:

$$F = F_{cp} \Rightarrow G\,\frac{M\,m}{R^2} = \frac{m\,v^2}{R}$$

$$\frac{G\,M}{R} = \left(\frac{2\pi\,R}{T}\right)^2 \Rightarrow G\,\frac{M}{4\pi\,R^3} = \frac{\pi}{T^2}$$

$$G\cdot\frac{M}{3\cdot\frac{4}{3}\pi\,R^3} = \frac{\pi}{T^2}$$

Sendo $\frac{M}{\frac{4}{3}\pi\,R^3} = \mu$, temos

$$\boxed{\mu = \frac{3\pi}{G\,T^2}}$$

Resposta: $\frac{3\pi}{G\,T^2}$

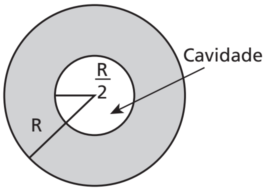
61.

(I) Terra maciça:

$$\mu = \frac{M}{V} \Rightarrow M = \mu\,V$$

$$M = \mu\,\frac{4}{3}\pi\,R^3 \qquad \text{(I)}$$

Terra com a cavidade:



$$M' = M - m_{cav}$$

$$M' = \mu\,\frac{4}{3}\pi\,R^3 - \mu\,\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3$$

$$M' = \mu\,\frac{4}{3}\,\pi\,R^3 - \frac{1}{8}\,\mu\,\frac{4}{3}\,\pi\,R^3$$

$$M' = \frac{7}{8}\,\pi\,\frac{4}{3}\mu\,R^3 \qquad \text{(II)}$$

Comparando (I) e (II), conclui-se que:

$$\boxed{M' = \frac{7}{8}M}$$

(II) $g' = G\,\frac{M'}{R^2}$

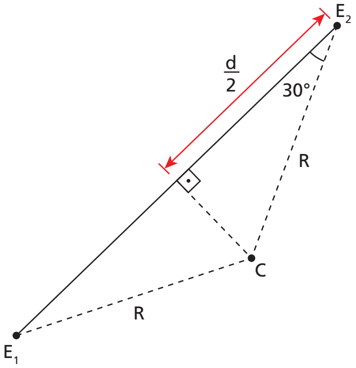
$$g' = G\,\frac{\frac{7}{8}\,M}{R^2} = \frac{7}{8}\,G\,\frac{M}{R^2}$$

$$\boxed{g' = \frac{7}{8}\,g}$$

Resposta: e

62.

(I) Cálculo da distância **d** entre duas estrelas:



$$\cos 30° = \frac{\frac{d}{2}}{R}$$

$$d = 2R\,\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\boxed{d = R\sqrt{3}}$$

(II) Cálculo da intensidade da força de atração gravitacional entre duas estrelas:

$$F = G\,\frac{M\,m}{d^2}$$

$$F = G\,\frac{M^2}{\left(R\sqrt{3}\right)^2} \Rightarrow \boxed{F = \frac{G\,M^2}{3\,R^2}}$$

(III) Cálculo da intensidade da força resultante em uma das estrelas:

$$F_R^2 = F^2 + F^2 + 2\cdot F\cdot F\cdot\cos 60°$$

$$F_R^2 = 2\cdot F^2 + 2\cdot F^2\cdot\frac{1}{2} = 3\cdot F^2$$

$$F_R = \sqrt{3}\ F \Rightarrow \boxed{F_R = \frac{\sqrt{3}}{3}\ \frac{G\,M^2}{R^2}}$$

(IV) F_R tem a função de resultante centrípeta no MCU de cada uma das estrelas.

$$F_{cp} = F_R \Rightarrow M\,\omega^2\,R = \frac{\sqrt{3}}{3}\ \frac{G\,M^2}{R^2}$$

$$\left(\frac{2\cdot\pi}{T}\right)^2 = \frac{\sqrt{3}}{3}\ \frac{G\,M}{R^3}$$

De onde vem: $T = 2\pi\,R\sqrt{\frac{R\sqrt{3}}{G\,M}}$

Resposta: $2\pi R\sqrt{\frac{R\sqrt{3}}{G\,M}}$

63.

A resultante centrípeta que mantém E_1 em órbita em torno de E_2 (MCU) advém das atrações gravitacionais devidas a E_2 e E_3.

$$F_{2,\,1} = G\,\frac{2M\,M}{R^2} \Rightarrow F_{2,\,1} = 2G\,\frac{M^2}{R^2}$$

$$F_{3,\,1} = G\,\frac{M\,M}{(2R)^2} \Rightarrow F_{3,\,1} = \frac{1}{4}\,G\,\frac{M^2}{R^2}$$

$$F_{cp_1} = F_{2,\,1} + F_{3,\,1} \Rightarrow \frac{M\,V^2}{R} = 2G\,\frac{M^2}{R^2} + \frac{1}{4}\,G\,\frac{M^2}{R^2}$$

$$\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 = \frac{9}{4}\,G\,\frac{M}{R} \Rightarrow \frac{(2\pi)^2\,R^2}{T^2} = \frac{9}{4}\,G\,\frac{M}{R}$$

Da qual: $\boxed{T = \frac{4\pi R}{3}\sqrt{\frac{R}{GM}}}$

Resposta: $\frac{4\pi R}{3}\sqrt{\frac{R}{GM}}$

64. A força gravitacional aplicada pela estrela desempenha o papel de resultante centrípeta no movimento circular e uniforme da Terra.

$$F_{cp} = F \Rightarrow \frac{m\,v^2}{R} = G\frac{M\,m}{R^2}$$

$$\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 = \frac{G\,M}{R}$$

$$\frac{(2\pi)^2 R^2}{T^2} = \frac{G\,M}{R}$$

Da qual:

$$\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{G\,M}}}$$

Se T' for o novo ano da Terra e T o ano atual (T = 1 ano = 52 semanas), vem:

$$\frac{T'}{52} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{R^3}{G\cdot 265\,M}}}{2\pi\sqrt{\frac{R^3}{G\,M}}}$$

$$T' = \frac{52}{\sqrt{265}} \cong \frac{52}{16{,}3}\text{(semanas)}$$

$\boxed{T' \cong 3{,}2 \text{ semanas}}$

Resposta: c

65.

$$\text{(I) } \mu = \frac{M}{V} \Rightarrow \mu = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

$$\mu_2 = \mu_1 \Rightarrow \frac{M_2}{\frac{4}{3}\pi r_2^3} = \frac{M_1}{\frac{4}{3}\pi r_1^3}$$

Da qual: $\boxed{M_2 = M_1\left(\frac{r^2}{r^1}\right)^3 \quad (1)}$

$$\text{(II)}\ \left.\begin{array}{l} R_1 \text{ ———————— } 1\text{m} \\ r_1 \text{ ———————— } r_2 \end{array}\right\} r_2 = \frac{r_1}{R_1} \quad (2)$$

$$\text{(III) } F_{cp} = F_G \Rightarrow \frac{m\,v^2}{R} = G\frac{M\,m}{R^2}$$

$$\frac{(2\pi)^2 R^2}{T^2} = G\frac{M}{R} \Rightarrow \frac{R^3}{T^2} = \frac{G\,M}{4\pi^2}$$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{R_1{}^3}{1^2} = \frac{GM_1}{4\pi^2} \\ \frac{1^3}{T_2{}^2} = \frac{GM_2}{4\pi^2} \end{array}\right\} T_2{}^2\,R_1{}^3 = \frac{M_1}{M_2} \quad (3)$$

$$\text{(IV)} \quad \text{(1) em (3): } T_2{}^2\,R_1{}^3 = \frac{M_1}{M_1\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3}$$

Da qual: $\boxed{T_2{}^2 R_1{}^3 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 \quad (4)}$

$$\text{(V)} \quad \text{(2) em (4): } T_2{}^2\,R_1{}^3 = \left(\frac{r_1}{\frac{r_1}{R_1}}\right)^3$$

$T_2{}^2\,R_1{}^3 = R_1{}^3 \Rightarrow \boxed{T_2 = 1 \text{ ano}}$

Resposta: 1 ano (365 dias)

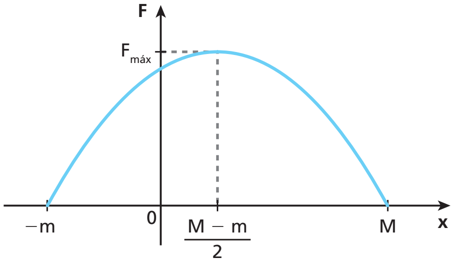
66.

a) valor de **F** em função de **x** pode ser obtido em cada instante pela Lei de Newton da atração das massas

$$F = G\,\frac{(M - x)(m + x)}{d^2}$$

A função acima, F = f(x), é do 2º grau e sua representação gráfica é um arco de parábola, no caso, com concavidade voltada para baixo, já que o coeficiente de x^2 é negativo.

O arco de parábola é limitado pelas abscissas $x_1 = -m$ e $x_2 = M$, como está representado a seguir:



b) Devido à simetria da parábola, o valor de F é máximo (vértice da curva) para $x = \frac{M - m}{2}$

Nesse caso, os valores instantâneos da massa de Terra, M', e da massa da Lua, m', ficam determinados por:

$$M' = M - x \Rightarrow M' = M - \frac{(M - m)}{2}$$

Da qual: $\boxed{M' = \frac{M + m}{2}}$

$$m' = m + x \Rightarrow m' = m + \frac{(M - m)}{2}$$

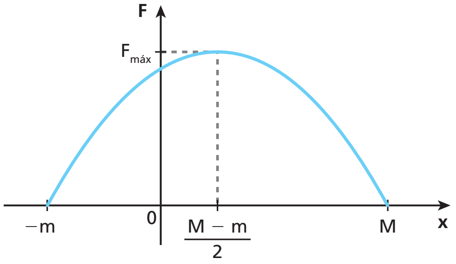
Da qual: $\boxed{m' = \frac{M + m}{2}}$

Portanto: $\frac{M'}{m'} = \frac{\frac{M + m}{2}}{\frac{M + m}{2}} \Rightarrow \boxed{\frac{M'}{m'} = 1}$

A força de atração gravitacional entre os dois astros terá intensidade máxima quando eles tiverem massas iguais.

Respostas:

a)



b) $\frac{M'}{m'} = 1$

Tópico 5 – Movimentos em campo gravitacional uniforme

Página 268

2.

Sugestão:

- Quando o corpo é abandonado ou lançado verticalmente para baixo, orientar a trajetória para baixo.
- Quando o corpo é lançado verticalmente para cima, orientar a trajetória para cima.

a) $h = \frac{g t_q^2}{2} \Rightarrow 245 = \frac{10 t_q^2}{2} \Rightarrow \boxed{t_q = 7\text{ s}}$

b) $v^2 = 2gh = 2 \cdot 10 \cdot 245 = 4\,900 \Rightarrow \boxed{v = 70\text{ m/s}}$

ou: $v = g t_q = 10 \cdot 7 \Rightarrow \boxed{v = 70\text{ m/s}}$

Respostas: a) 7 s; b) 70 m/s

3.

a) $h = \frac{g t_q^2}{2} \Rightarrow 80 = \frac{g \cdot 10^2}{2} \Rightarrow g = 1{,}6\text{ m/s}^2$

b) 10 s, pois, na queda livre, a aceleração independe da massa do corpo que cai.

Respostas: a) $g = 1{,}6\text{ m/s}^2$; b) 10 s

4.

$v_2^2 = v_1^2 + 2g\Delta s \Rightarrow$

$\Rightarrow 9{,}0^2 = 1{,}0^2 + 2 \cdot 10 \cdot \Delta s \Rightarrow \boxed{\Delta s = 4{,}0\text{ m}}$

Resposta: 4,0 m

5.

$v^2 = v_0^2 + 2\,a\,\Delta s = 2g\,\Delta s$

$$\left.\begin{aligned} v_1^2 &= 2\,g\,h \\ v_2^2 &= 2\,g\,16\,h \end{aligned}\right. \Rightarrow \frac{v_2^2}{v_1^2} = 16 \Rightarrow \boxed{\frac{v_2}{v_1} = 4}$$

Resposta: $\frac{v_2}{v_1} = 4$

6.

O tempo de reação é igual ao tempo que a régua leva para percorrer a distância **d**. Sendo $\Delta s = d$, $v_0 = 0$ e $\alpha = g$, temos:

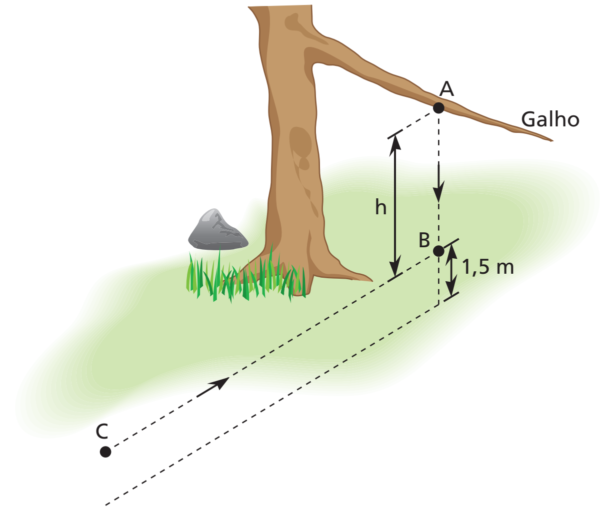
$$\Delta s = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2 \Rightarrow d = \frac{g}{2} t^2 \Rightarrow \boxed{t = \sqrt{\frac{2d}{g}}}$$

Resposta: $\sqrt{\frac{2d}{g}}$

7.

Resposta: e

8. Observe a figura:



$h = 4{,}7 - 1{,}5 = 3{,}2\text{ m}$

Duração da queda de **A** até **B**:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3{,}2}{10}} \Rightarrow t = 0{,}8\text{ s}$$

Distância de C até B:

$CB = vt = 10 \cdot 0{,}8$

$\boxed{CB = 8\text{ m}}$

Resposta: 8 m

10.

a) $v = v_0 - g\,t \Rightarrow 0 = 20 - 10\,t_s \Rightarrow t_s = t_q = 2\text{s} \Rightarrow T = t_s + t_q \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{T = 4\text{ s}}$

b) $v^2 = v_0^2 - 2\,g\,\Delta s \Rightarrow 0^2 = 20^2 - 20\,h_{máx} \Rightarrow \boxed{h_{máx} = 20\text{ m}}$

Respostas: a) 4 s; b) 20 m

11.

a) $v = v_0 - g\,t \Rightarrow 0 = 32 - 1{,}6\,t_s \Rightarrow \boxed{t_s = 20\text{ s}}$

b) $v^2 = v_0^2 - 2\,g\,\Delta\,s \Rightarrow 0^2 = 32^2 - 3{,}2\,h_{máx} \Rightarrow \boxed{h_{máx} = 320\text{ m}}$

Respostas: a) 20 s; b) 320 m

12.

a) A velocidade da esfera anula-se 4,0 s após o lançamento:

$v = v_0 - g\,t$

$0 = v_0 - 10 \cdot 4{,}0 \Rightarrow \boxed{v_0 = 40\text{ m/s}}$

b) $v^2 = v_0^2 - 2g\Delta s$

$0^2 = 40^2 - 2 \cdot 10 \cdot h_{máx} \Rightarrow \boxed{h_{máx} = 80\text{ m}}$

Respostas: a) 40 m/s; b) 80 m

13.

$v^2 = v_0^2 + 2\,g\,\Delta s \Rightarrow v^2 = 2{,}0^2 + 2 \cdot 10 \cdot 7{,}0 \Rightarrow \boxed{v = 12\ \text{m/s}}$

Resposta: 12

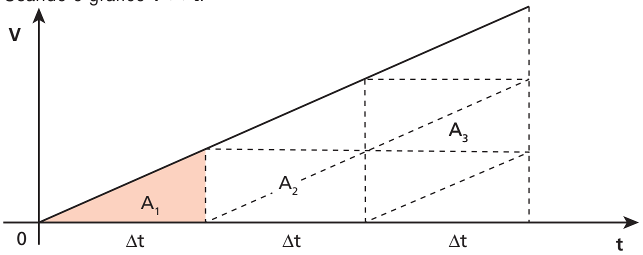
14.

Em relação ao solo, a maleta cai com aceleração de módulo **g**. Como o corpo da pessoa e a maleta permanecem lado a lado, concluímos que, em relação ao solo, a pessoa e o elevador também têm aceleração de módulo **g** (queda livre).

Resposta: O elevador está em queda livre.

15.

Usando o gráfico v × t:



$A_1 + A_2 + A_3 = 270$

$A_1 + 3\ A_1 + 5\ A_1 = 270 \Rightarrow 9\ A_1 = 270 \Rightarrow A_1 = 30\ \text{m}$

Portanto:

$\boxed{A_1 = 30\ \text{m}}$ $\boxed{A_2 = 3\ A_1 = 90\ \text{m}}$ $\boxed{A_3 = 5\ A_1 = 150\ \text{m}}$

Evidentemente, a questão também pode ser resolvida pelas equações do movimento.

Resposta: 30 m, 90 m e 150 m.

17.

$h = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow 490 = \frac{9{,}8\ t_q^{\ 2}}{2} \Rightarrow t_q = 10\ \text{s}$

$v = 9{,}8\,t \begin{cases} v_9 = 9{,}8 \cdot 9 \\ v_{10} = 9{,}8 \cdot 10 \end{cases}$

$v_{10}^{\ 2} = v_9^{\ 2} + 2\,g\,\Delta s$

$9{,}8^2 \cdot 100 = 9{,}8^2 \cdot 81 + 2 \cdot 9{,}8 \cdot \Delta s$

$9{,}8 \cdot 100 = 9{,}8 \cdot 81 + 2\Delta s \Rightarrow 9{,}8\,(100 - 81) = 2\Delta s \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{\Delta s = 93\ \text{m}}$

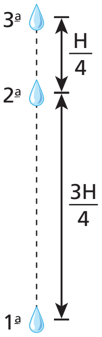
Resposta: 93 m

18.

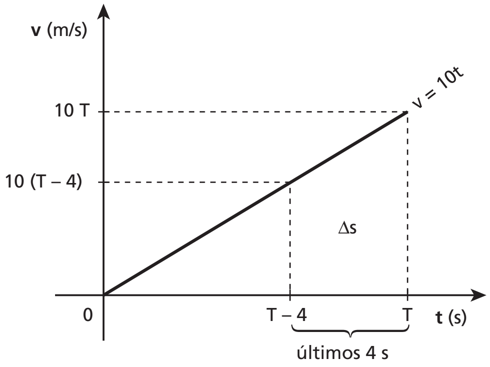
Se a segunda gota percorreu uma distância **x** durante um tempo **t**, a primeira percorreu x + 3x durante um tempo 2t:

$x + 3x = H \Rightarrow \boxed{x = \frac{H}{4}}$

Resposta:



19.



$\Delta s = \text{“área”} \Rightarrow 196 = \frac{(10\ T) + [10\ (T - 4)]}{2} \cdot 4$

$T = 6{,}9\ \text{s}$

$h = \text{“área” de 0 a } T = \frac{T\ 10\ T}{2} = \frac{6{,}9 \cdot 69}{2}$

$\boxed{h = 238\ \text{m}}$

Resposta: 238 m

20.

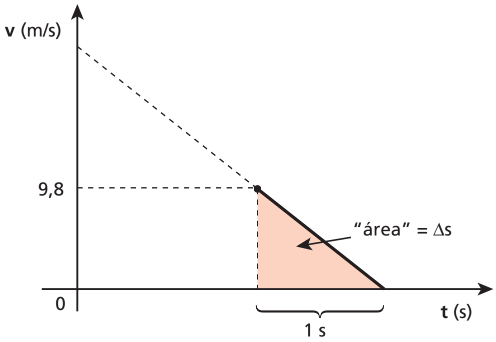
a) $v^2 = v_0^{\ 2} - 2\,g\,\Delta s \Rightarrow 0^2 = 100^2 - 20\ h_{máx} \Rightarrow \boxed{h_{máx} = 500\ \text{m}}$

b) $v^2 = 100^2 - 20 \cdot 255 \Rightarrow \boxed{v = \pm 70\ \text{m/s}}$

Respostas: a) 500 m; b) 70 m/s ou –70 m/s

21.

a) Durante a subida, o módulo da velocidade diminui 9,8 m/s em cada segundo. Então, como a velocidade é igual a zero no final da subida, 1 s antes de parar ela vale 9,8 m/s, independentemente do módulo da velocidade de lançamento:



$\Delta s = \frac{1 \cdot 9{,}8}{2} \Rightarrow \boxed{\Delta s = 4{,}9\ \text{m}}$

b) Não.

c) Sim. A distância percorrida no último segundo de queda é igual à percorrida no primeiro segundo de ascensão, que será tanto maior quanto maior for o módulo da velocidade de lançamento.

Respostas: a) 4,9 m; b) Não; c) Sim

22.

De $t_0 = 0$ a $t = 2{,}0$ s, temos:

a) $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{v_0 + v_2}{2} \Rightarrow \frac{24}{2{,}0} = \frac{v_0 + 0}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{v_0 = 24\ \text{m/s}}$

b) $v_2 = v_0 + \alpha t \Rightarrow 0 = 24 + \alpha \cdot 2{,}0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \alpha = -12\ m/s^2 \Rightarrow \boxed{g = 12\ m/s^2}$

Respostas: a) 24 m/s; b) 12 m/s^2

23.

a) $v = v_0 + g\,t \Rightarrow v_5 = 20 + 10 \cdot 5 \Rightarrow \boxed{v_5 = 70\ m/s}$

b) $\Delta s = v_0\,t + \dfrac{g\,t^2}{2} = 20 \cdot 5 + 5 \cdot 5^2 \Rightarrow \Delta s = 225\ m$

$h = 300 - 225 \Rightarrow \boxed{h = 75\ m}$

Respostas: a) 70 m/s; b) 75 m

24.

Tempo de queda: $t_q = \sqrt{\dfrac{2\,h}{g}}$

Intervalo de tempo entre as duas quedas:

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2 \cdot 3{,}2}{10}} - \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}8}{10}} = 0{,}8 - 0{,}6 \Rightarrow \Delta t = 0{,}2\ s$$

Para a esteira

$v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{16}{0{,}2} \Rightarrow \boxed{v = 80\ cm/s}$

Resposta: c

25.

- A aceleração é igual a $\vec{g}$ para as duas pedras.
- Ao retornar à sacada, a primeira pedra terá velocidade de módulo v_0.

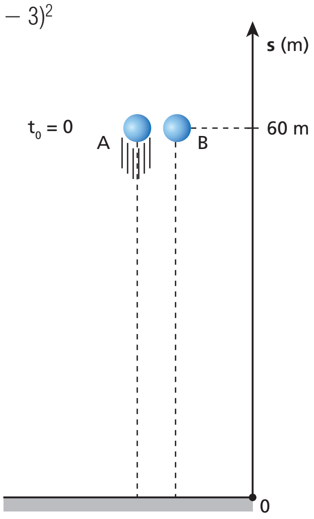
Resposta: c

26.

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

$s_A = 60 + 19{,}6\ t - 4{,}9\ t^2$

$s_B = 60 - 4{,}9\ (t - 3)^2$



a) $s_A = s_B$:

$60 + 19{,}6\ t - 4{,}9\ t^2 = 60 - 4{,}9\ (t - 3)^2$

$\boxed{t = 4{,}5\ s}$

b) $s_B = 60 - 4{,}9\ (4{,}5 - 3)^2$

$\boxed{s_B = s_A = 49\ m}$

Respostas: a) 4,5 s; b) 49 m

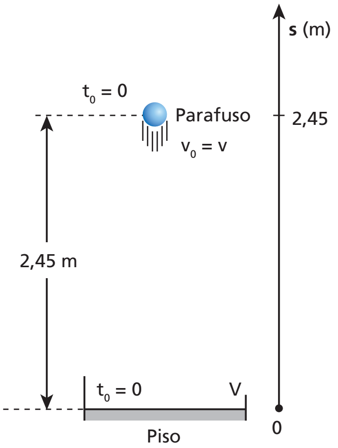
28.

$\Delta s = v_0 t + \dfrac{g\,t^2}{2}$

$h = 6 \cdot 2 + \dfrac{10 \cdot 2^2}{2} \Rightarrow \boxed{h = 32\ m}$

Resposta: 32 m

29.



a) $s = s_0 + v\ \ t$

$s_{piso} = v\ \ t$

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

$s_{par} = 2{,}45 + v\ \ t - 5\ \ t^2$

$s_{par} = s_{piso}$

$2{,}45 + v\ t - 5\ t^2 = v\ t$

$\boxed{t = 0{,}7\ s}$

b) $s_{piso} = v\ t = 2 \cdot 0{,}7$

$\boxed{s_{piso} = 1{,}4\ m}$

Nota:

- O elevador é um referencial inercial, já que está em movimento retilíneo e uniforme em relação ao solo. Considerando um referencial no elevador, o parafuso realiza uma queda livre a partir do repouso, de uma altura h = 2,45 m.

  Então: $t_q = \sqrt{\dfrac{2\,h}{g}} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 2{,}45}{10}} \Rightarrow t_q = 0{,}7\ s$

  que é a resposta do item a.

Respostas: a) 0,7 s; b) 1,4 m

Página 280

30.

A única força atuante após o lançamento é o peso.
$\vec{v}$ tem direção tangente à trajetória e o sentido do movimento.
Resposta: e

31.

Estão corretas as afirmações 01, 02, 04 e 32.
Resposta: 39

32.

O tempo total, T, de duração do movimento parabólico da bola é dado por:

$$T = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0 \text{ sen } \theta}{g}$$

em que θ é o ângulo de lançamento.

No caso em que o θ (agudo) é menor, sen θ também é menor, o mesmo ocorrendo com T.

Resposta: b

34.

a) $\boxed{v = v_{0_x} = 24 \text{ m/s}}$

b) $v_y = v_{0_y} - g\,t \Rightarrow 0 = 18 - 10t_s \Rightarrow \boxed{t_s = 1{,}8 \text{ s}}$

c) $v_y{}^2 = v_{0_y}{}^2 - 2\,g\,\Delta y \Rightarrow 0^2 = 18^2 - 20H \Rightarrow \boxed{H = 16{,}2 \text{ m}}$

d) $\Delta x = v_{0_x}\,t \Rightarrow A = v_{0_x}\,2t_s = 24 \cdot 3{,}6 \Rightarrow \boxed{A = 86{,}4 \text{ m}}$

Respostas: a) 24 m/s; b) 1,8 s; c) 16,2 m; d) 86,4 m

35.

$$A_{máx} = \frac{v_0{}^2}{g} \cdot 1 = \frac{300^2}{10} \Rightarrow \boxed{A_{máx} = 9\,000 \text{ m} = 9 \text{ km}}$$

Resposta: Fora do círculo de 9 km de raio e centro no ponto de lançamento.

36.

a) Correta.

b) Correta. $A = \frac{v_0{}^2}{g}$ sen 2θ: g menor $\Rightarrow$ A maior.

c) Correta. $h_{máx} = \frac{v_0{}^2 \text{ sen}^2\ \theta_0}{2g}$: sen θ_0 maior $\Rightarrow$ $h_{máx}$ maior.

d) Correta. A componente v_{0_x} é igual nas duas posições e a componente v_{0_y} tem o mesmo módulo nas duas posições.

e) Incorreta.

Resposta: e

37.

a) No ponto de altura máxima: y = 3,2 m e $v_y = 0$:

$$v_y{}^2 = v_{0_y}{}^2 - 2g\,(y - y_0) \Rightarrow 0^2 = v_{0_y}{}^2 - 20(3{,}2 - 2{,}4) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{v_{0_y} = 4{,}0 \text{ m/s}}$$

b) No solo, y = 0:

$$y = y_0 + v_{0_y}\,t - \frac{g\,t^2}{2} \Rightarrow 0 = 2{,}4 + 4t - 5t^2 \Rightarrow$$

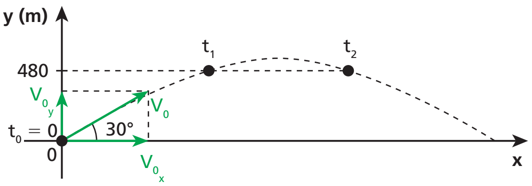
$$\Rightarrow \boxed{t = 1{,}2 \text{ s}}$$

c) Na horizontal: $x = x_0 + v_x\,t$

$$3{,}6 = v_x \cdot 1{,}2 \Rightarrow \boxed{v_x = 3{,}0 \text{ m/s}}$$

Respostas: a) 4,0 m/s; b) 1,2 s; c) 3,0 m/s

38.



$y_0 = 0$

$v_{0_y} = v_0 \text{ sen } 30° = 200 \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_{0_y} = 100 \text{ m/s}$

$y = y_0 + v_{0_y}\,t - \frac{g\,t^2}{2} \Rightarrow 480 = 100\,t - 5t^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow t_1 = 8 \text{ s e } t_2 = 12 \text{ s}$

$\Delta t = t_2 - t_1 \Rightarrow \boxed{\Delta t = 4 \text{ s}}$

Resposta: 4 s

39.

São corretas as afirmações 01, 02, 16, 32 e 64.

Resposta: 115

40.

a) $\Delta s = \frac{g\,t^2}{2} \Rightarrow 80 = \frac{10t^2}{2} \Rightarrow \boxed{t = 4 \text{ s}}$

b) Na vertical, o movimento da pedra **B** é idêntico ao da pedra **A**. Assim, independentemente do valor de v_{0_B}, a pedra **B** também chega ao chão no instante **t** igual a 4 s:

$\Delta x = v_{0_B}\,t \Rightarrow d = 30 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{d = 120 \text{ m}}$

c) $v = g\,t \Rightarrow v = 10 \cdot 4 \Rightarrow \boxed{v = 40 \text{ m/s}}$

d) $v_x = v_{0_B} \Rightarrow \boxed{v_x = 30 \text{ m/s}}$

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

Respostas: a) 4 s
b) 120 m
c) 40 m/s
d) 30 m/s e 40 m/s, respectivamente

41.

Resposta: d

42.

- Movimento uniforme na horizontal:

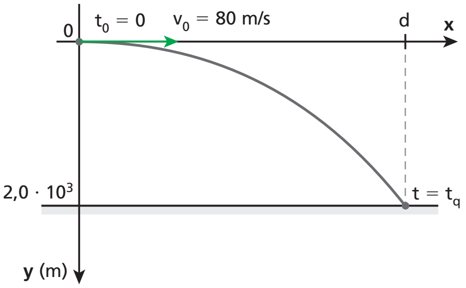
$\boxed{d = c = 4 \text{ m}}$

- Queda livre na vertical:

$b = 3a \Rightarrow \boxed{b = 3 \text{ m}}$

Respostas: 3 m; 4 m

43.



a) • $\Delta y = \dfrac{g\,t^2}{2} \Rightarrow 2{,}0 \cdot 10^3 = 5t_q^{\,2} \Rightarrow t_q = 20\text{s}$

• $d = v_0 t_q = 80 \cdot 20 \Rightarrow \boxed{d = 1{,}6 \cdot 10^3\ \text{m}}$

b) Como o avião e a bomba estão na mesma vertical, a distância entre eles é igual a $2{,}0 \cdot 10^3$ m.

c) Segmento de reta vertical e arco de parábola, respectivamente.

Respostas: a) $1{,}6 \cdot 10^3$ m; b) $2{,}0 \cdot 10^3$ m; c) Em relação ao avião, segmento de reta vertical. Em relação ao solo, arco de parábola.

44.

a) $h = 0{,}80$ m

$$h = \frac{g\,t_q^{\,2}}{2} \Rightarrow 0{,}80 = 5\,t_q^{\,2} \Rightarrow t_q = 0{,}40\ \text{s}$$

$$\Delta x = v_0\,t \Rightarrow 1{,}20 = v_0 \cdot 0{,}40 \Rightarrow \boxed{v_0 = 3{,}0\ \text{m/s}}$$

b) $v_x = v_0 = 3{,}0$ m/s

$v_y = g\,t_q = 10 \cdot 0{,}40 \Rightarrow v_y = 4{,}0$ m/s

$v^2 = v_x^{\,2} + v_y^{\,2} \Rightarrow \boxed{v = 5{,}0\ \text{m/s}}$

Respostas: a) 3,0 m/s; b) 5,0 m/s

45.

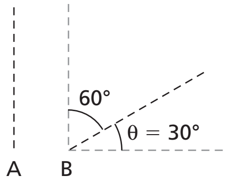
$$A_{\text{máx}} = \frac{v_0^{\,2}}{g} \cdot 1 = \frac{v_0^{\,2}}{g}$$

$$h_{\text{máx}} = \frac{v_0^{\,2}\,\text{sen}^2\,\theta}{2\,g} = \frac{v_0^{\,2}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}{2\,g} = \frac{v_0^{\,2}}{4\,g}$$

Portanto: $\boxed{A_{\text{máx}} = 4\,h_{\text{máx}}}$

Resposta: O alcance horizontal é o quádruplo da altura máxima.

46.



A: $h_{\text{máx}_A} = \dfrac{v_0^{\,2}}{2g}$

B: $h_{\text{máx}_B} = \dfrac{v_0^{\,2}\,\text{sen}^2\,\theta}{2\,g} = \dfrac{v_0^{\,2}\left(\frac{1}{2}\right)^2}{2\,g} = \dfrac{1}{4}\,h_{\text{máx}_A}$

$$\boxed{\frac{h_{\text{máx}_A}}{h_{\text{máx}_B}} = 4}$$

Resposta: 4

47.

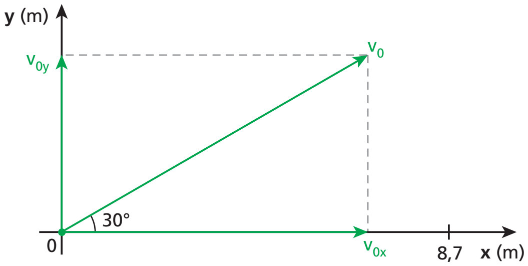
$h_{\text{máx}} = \dfrac{v_{0_y}^{\,2}}{2\,g}$: como $h_{\text{máx}}$ é igual nas três situações, então v_{0_y} também é.

$t_s = \dfrac{v_{0_y}}{g}$: como v_{0_y} é igual nas três situações, então os tempos de subida e os tempos totais também são.

Quanto maior for o deslocamento horizontal no mesmo intervalo de tempo, maior será a intensidade da componente horizontal da velocidade.

Resposta: c

49.



- $v_{0_x} = v_0 \cos 30° = 20 \cdot 0{,}87 \Rightarrow v_{0_x} = 17{,}4$ m/s
  $v_{0_y} = v_0\,\text{sen}\,30° = 20 \cdot 0{,}50 \Rightarrow v_{0_y} = 10$ m/s
- Calculemos o instante em que a bola passa por x = 8,7 m:
  $x = x_0 + v_x t$
  $8{,}7 = 0 + 17{,}4 \cdot t \Rightarrow t = 0{,}50$ s
- Calculemos a ordenada y da bola nesse mesmo instante:

$$y = y_0 + v_{0_y}\,t - \frac{g}{2}\,t^2$$

$$y = 0 + 10 \cdot 0{,}50 - \frac{10}{2} \cdot 0{,}50^2 \Rightarrow y = 3{,}75\ \text{m}$$

Como 3,75 m é maior que a altura da trave, o gol não aconteceu.

Resposta: Não aconteceu.

50.

a) $A = \dfrac{v_0^{\,2}}{g}\,\text{sen}\,2\theta$

$v_0 = 20{,}0$ m/s e $\theta = 45°$

$$A = \frac{400}{10{,}0} \cdot \text{sen}\,90° \Rightarrow \boxed{A = 40\ \text{m}}$$

b) $t_s + t_q = T = \dfrac{2v_0\ \text{sen}\,\theta}{g} = \dfrac{2 \cdot 20{,}0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}{10{,}0} \Rightarrow T = 2{,}8\ \text{s}$

$v_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$

$\Delta s = 16{,}0$ m e $\Delta t = T = 2{,}8$ s

$$v_m = \frac{16{,}0\ \text{m}}{2{,}8\ \text{s}} = \frac{16{,}0}{2{,}8} \cdot 3{,}6\ \text{km/h} \Rightarrow \boxed{v_m = 21\ \text{km/h}}$$

Respostas: a) 40 m; b) 21 km/h

51.

a) Temos:

$$x = v_0 \cos 45°\,t \Rightarrow x = \frac{v_0\,\sqrt{2}}{2}\,t \qquad \text{(I)}$$

$$y = y_0 + v_{0_y}\,t - \frac{g}{2}\,t^2 \Rightarrow y = v_0\ \text{sen}\,45°\ t - 5\,t^2$$

$$y = \frac{v_0\,\sqrt{2}}{2} \cdot t - 5\,t^2 \qquad \text{(II)}$$

Ao atingir o alvo, temos, **no mesmo instante**, x = 240 m e y = 200 m.

Em (I):

$$240 = \frac{v_0\sqrt{2}}{2} \cdot t \Rightarrow t = \frac{480}{v_0\sqrt{2}}$$

Em (II):

$$200 = \frac{v_0\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{480}{v_0\sqrt{2}} - 5\left(\frac{480}{v_0\sqrt{2}}\right)^2$$

$$200 = 240 - 5\,\frac{480^2}{2\,v_0^2} \Rightarrow 5\,\frac{480^2}{2\,v_0^2} = 40$$

$$v_0^2 = \frac{480^2}{16} \Rightarrow v_0 = \frac{480}{4} \Rightarrow \boxed{v_0 = 120 \text{ m/s}}$$

b) Ao atingir o alvo:

$$t = \frac{480}{v_0\sqrt{2}} = \frac{480}{120\sqrt{2}} \Rightarrow t = \frac{4}{\sqrt{2}}\text{ s}$$

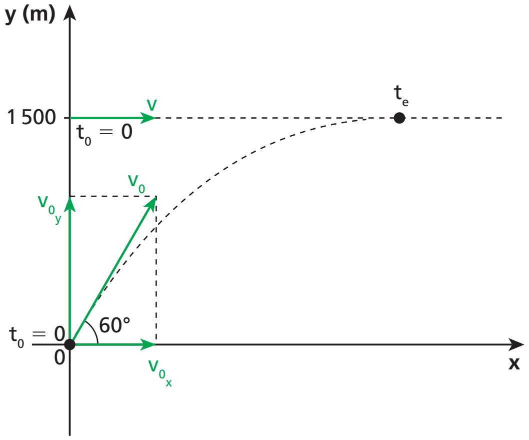
$$v_y = v_{0_y} - g\,t = v_0\,\frac{\sqrt{2}}{2} - 10\,t$$

$$v_y = 120\,\frac{\sqrt{2}}{2} - 10\,\frac{4}{\sqrt{2}} \Rightarrow \boxed{v_y = 40\sqrt{2}\text{ m/s}}$$

Como $v_y > 0$, o movimento é ascendente.

Respostas: a) 120 m/s; b) ascendente.

53.



a) $v_{0_x} = v_0 \cos 60° = v \Rightarrow v_0 \cdot \frac{1}{2} = 200 \Rightarrow \boxed{v_0 = 400 \text{ m/s}}$

b) $y = y_0 + v_{0_y}\,t - \frac{g\,t^2}{2} \Rightarrow 1500 = 400\,\frac{\sqrt{3}}{2}\,t_e - 5\,t_e^{\,2} \Rightarrow t_{e_{menor}} = 4{,}6\text{ s}$

$\boxed{\Delta t_{menor} = 4{,}6\text{ s}}$

Respostas: a) 400 m/s; b) 4,6 s

54.

18 km/h = 5 m/s

$\frac{6 \text{ gotas}}{60 \text{ s}} \Rightarrow$ 1 gota a cada 10 s

$\Delta x = v_x\,t = 5 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{\Delta x = 50\text{ m}}$

Resposta: 50 m

56.

Tempo para uma caixa cair 3,2 m na vertical:

$$t_q = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3{,}2}{10}} \Rightarrow t_q = 0{,}80\text{ s}$$

Decorrido esse tempo, o deslocamento horizontal da caixa deve ser menor que 4,8 m e maior que 2,4 m:

$\Delta x = v\,t_q = v \cdot 0{,}80$

$2{,}4 < v \cdot 0{,}80 < 4{,}8 \Rightarrow \boxed{3{,}0\text{ m/s} < v < 6{,}0\text{ m/s}}$

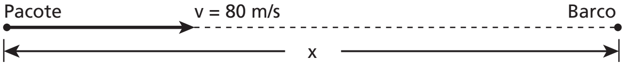
Resposta: 3,0 m/s < v < 6,0 m/s

57.

Tempo de queda do pacote:

$$t_q = \sqrt{\frac{2\,h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 320}{10}} \Rightarrow \boxed{t_q = 8\text{ s}}$$

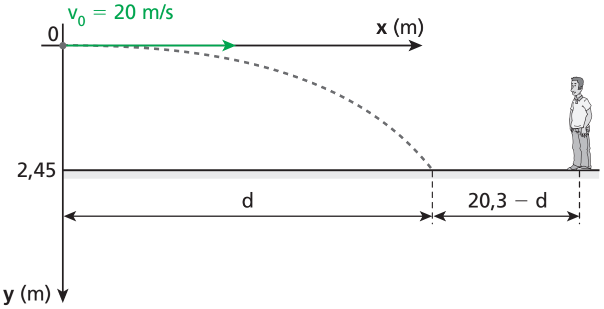
Considerando-se os movimentos na horizontal e tomando-se um referencial no barco, a velocidade do pacote é constante, de módulo igual a 80 m/s (100 m/s – 20 m/s):



$$v = \frac{x}{\Delta t} \Rightarrow 80 = \frac{x}{8} \Rightarrow \boxed{x = 640\text{ m}}$$

Resposta: 640 m

58.



- $y = \frac{g\,t^2}{2} \Rightarrow 2{,}45 = 5\,t_q^{\,2} \Rightarrow \boxed{t_q = 0{,}70\text{ s}}$
- $\Delta x = v_0\,t$
  $d = v_0\,t_q = 20 \cdot 0{,}70 \Rightarrow \boxed{d = 14\text{ m}}$
- $v = \frac{20{,}3 - 14}{0{,}70} \Rightarrow \boxed{v = 9{,}0\text{ m/s}}$

Resposta: 9,0 m/s

59.

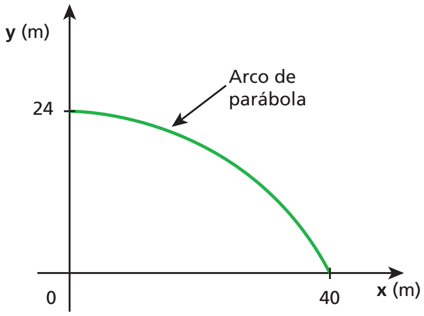
a) Do gráfico x × t:

$$v_0 = v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{40}{2} \Rightarrow \boxed{v_0 = 20\text{ m/s}}$$

Do gráfico y × t:

$$t_q = \sqrt{\frac{2\,h}{g}} \Rightarrow 2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 24}{g}} \Rightarrow \boxed{g = 12\text{ m/s}^2}$$

b) y = 0 ⇒ t = 2 s ⇒ x = 40 m

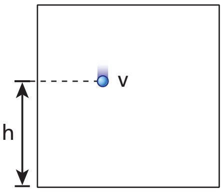


Respostas: a) 20 m/s e 12 m/s^2; b) Ver gráfico na resolução.

Página 286

60.

O elevador e a bola, em relação ao solo, estão em movimento livre, ambos com aceleração $\vec{g}$. Portanto, em relação a um **referencial no elevador**, a aceleração da bola é nula e ela realiza um MRU, com velocidade v:



$$\Delta s = v\,t \Rightarrow h = v\,t \Rightarrow \boxed{t = \frac{h}{v}}$$

Resposta: b

61.

$v = v_0 + g\,t \;\Rightarrow\; v = g\,t$

$v_{n-1} = g\,(n - 1)$

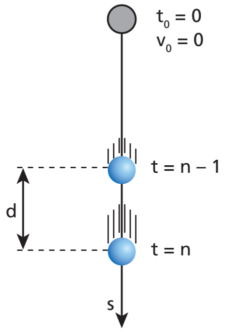
$v_n = g\,n$

- $v_n^2 = v_{n-1}^2 + 2\,g\,d$

  $g^2\,n^2 = g^2\,(n-1)^2 + 2\,g\,d$

  $g\,n^2 = g\,n^2 - 2\,g\,n + g + 2\,d$

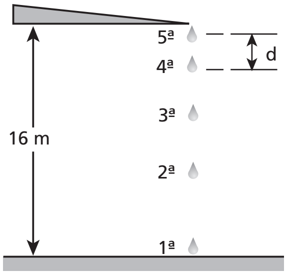
$$\boxed{d = \frac{g\,(2\,n - 1)}{2}}$$



Resposta: $d = \frac{g\,(2\,n - 1)}{2}$

62.

Tempo de queda da primeira gota:



$t_q = \sqrt{\frac{2\,h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16}{10}}$

$t_q = \sqrt{3{,}2}$ s

Seja T o intervalo de tempo decorrido entre os desprendimentos de gotas consecutivas. Temos, então:

$t_q = 4\,T \;\Rightarrow\; T = \frac{\sqrt{3{,}2}}{4}$

$d = \frac{g}{2}\,T^2 = \frac{10}{2} \cdot \frac{3{,}2}{16} \;\Rightarrow\; \boxed{d = 1\text{ m}}$

Resposta: 1 m

63.

Tempo de queda de um pingo:

$t_q = \sqrt{\frac{2\,h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}8}{10}} \;\Rightarrow\; t_q = 0{,}6$ s

Entre as saídas de dois pingos sucessivos, o tempo decorrido é de $\frac{1}{4}$ s, ou 0,25 s. Então, em 0,6 s apenas dois outros pingos já se desprenderam do chuveiro.

Resposta: c

64.

Seja H a profundidade do poço.

Tempo de queda da pedra:

$t_q = \sqrt{\frac{2\,H}{g}} = \sqrt{\frac{2\,H}{10}} = \sqrt{\frac{H}{5}}$

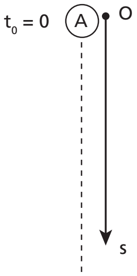
Tempo para o som propagar-se do fundo do poço até o observador:

$\Delta s = v\;t \;\Rightarrow\; H = 320\;t_s \;\Rightarrow\; t_s = \frac{H}{320}$

$t_q + t_s = 9 \;\Rightarrow\; \sqrt{\frac{H}{5}} + \frac{H}{320} = 9 \;\Rightarrow\; \boxed{H = 320\text{ m}}$

Resposta: 320 m

65.



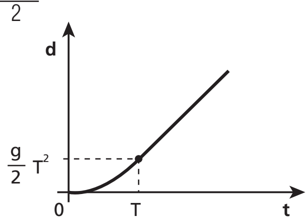
De $t_0 = 0$ a $t = T$: $s_A = \frac{g}{2}\;t^2$ e $s_B = 0$

$d = s_A - s_B = \frac{g}{2}\;t^2$

A partir de $t = T$: $s_A = \frac{g}{2}\;t^2$ e $s_B = \frac{g}{2}\;(t - T)^2$

$d = s_A - s_B = \frac{g}{2}\;t^2 - \left(\frac{g}{2}\;t^2 - g\,t\,T + \frac{g\,T^2}{2}\right) \Rightarrow$

$\Rightarrow\; d = g\,T\,t - \frac{g\,T^2}{2}$



Resposta: Veja o gráfico na resolução.

66.

a) $v^2 = v_0^2 - 2g\,\Delta s \Rightarrow 0 = 15^2 - 20\,h_{máx} \Rightarrow \boxed{h_{máx} = 11{,}25\text{ m}}$

Seja t = 0 o instante de lançamento da primeira bolinha.

O instante de lançamento da terceira bolinha é o instante em que a primeira retorna ao solo:

$v = v_0 - g\,t \Rightarrow -15 = 15 - 10\,t \Rightarrow \boxed{t = 3\text{ s}}$

b) $s = s_0 + v_0\,t - \frac{g}{2}\;t^2$

Primeira: $s_1 = 15\,t - 5\,t^2$ (SI)

Segunda: $s_2 = 15\,(t - 1) - 5\,(t - 1)^2 = 25\,t - 5t^2 - 20$ (SI)

No instante de encontro, t_e, temos:

$s_1 = s_2 \Rightarrow 15\,t_e - 5\;t_e^2 = 25\,t_e - 5\;t_e^2 - 20 \Rightarrow \boxed{t_e = 2\text{ s}}$

Fazendo s_1 (ou s_2) igual a H: $H = 15 \cdot 2 - 5 \cdot 2^2 \Rightarrow \boxed{H = 10\text{ m}}$

Respostas: a) 11,25 m; 3 s; b) 2 s; 10 m

67.

$s_B = 20 + 2\;t$

$s_p = v_0\;t - 5\;t^2$

$s_p = s_B$: $20 + 2\;t_e = v_0\;t_e - 5\;t_e^2$

$5\;t_e^2 + (2 - v_0)\;t_e + 20 = 0$

$\Delta = (2 - v_0)^2 - 400 \geqslant 0$

$(v_0 - 2)^2 \geqslant 400$

Como $v_0 > 2$ m/s

$v_0 - 2 \geqslant 20 \;\Rightarrow\; \boxed{v_0 \geqslant 22\text{ m/s}}$

Resposta: $v_0 \geqslant 22$ m/s

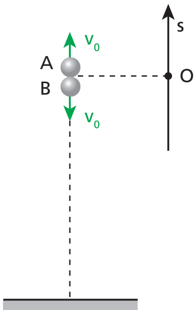
68.

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

$s_A = v_0\;t - \frac{g}{2}\;t^2$

$s_B = -v_0\;t - \frac{g}{2}\;t^2$

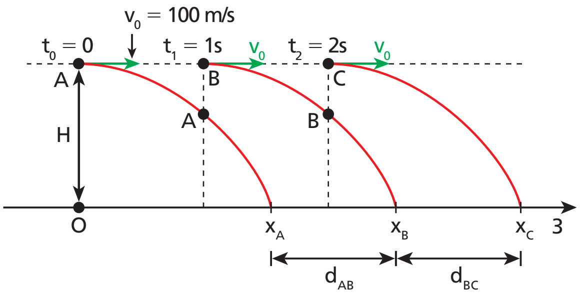
$$\boxed{d = s_A - s_B = 2\;v_0\;t}$$



Resposta: $d = 2\;v_0\;t$

69.

360 km/h = 100 m/s



$$x_A = v_0 \sqrt{\frac{2\,H}{g}}$$

$$x_B = v_0\, t_1 + v_0 \sqrt{\frac{2\,H}{g}}$$

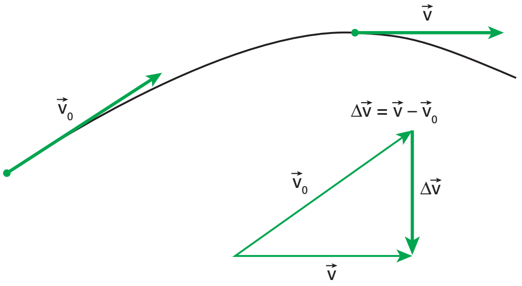
$$x_C = v_0\, t_2 + v_0 \sqrt{\frac{2\,H}{g}}$$

$$d_{AB} = x_B - x_A = v_0\, t_1 = 100 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{d_{AB} = 100 \text{ m}}$$

$$d_{BC} = x_C - x_B = v_0\, t_2 - v_0\, t_1 = 100 \cdot 2 - 100 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{d_{BC} = 100 \text{ m}}$$

Resposta: As distâncias entre pontos de impacto consecutivos são iguais a 100 m.

70.



Lembremos que a componente horizontal de $\vec{v}_0$ é igual a $\vec{v}$.

Resposta: c

71.

O intervalo de tempo decorrido desde quando a água sai do cano até o instante em que retorna ao solo é dado por:

$$T = \frac{2\,v_0 \text{ sen } \theta}{g} = \frac{2 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2}}{10} \Rightarrow T = 1 \text{ s}$$

15 litros ⟶ 60 s

x ⟶ 1 s

$$\boxed{x = 0{,}25 \text{ litro}}$$

Resposta: 0,25 litro

72.

Tempo de duração do sobe e desce:

$$T = 2\,t_s = 2\,\frac{v_0}{g} \Rightarrow T = 2 \cdot \frac{10}{10} \Rightarrow T = 2 \text{ s}$$

Em relação ao passageiro, a maçã realizou um lançamento oblíquo, em que v_x = 30 m/s e:

$|\vec{d}| = A = v_x\ T = 30 \cdot 2$

$$\boxed{|\vec{d}| = 60 \text{ m}}$$

Resposta: 60 m

73.

a) De x = 8 m a x = 24 m, temos:

$$t_q = \sqrt{\frac{2\,H}{g}}$$

Como V_X é constante, seu valor é o mesmo de x = 0 a x = 8 m e de x = 8 m a x = 24 m:

$$\frac{8 - 0}{t_s} = \frac{24 - 8}{t_q} \Rightarrow t_s = \frac{t_q}{2}$$

$$t_{voo} = t_q + t_s = t_q + \frac{t_q}{2} = \frac{3}{2}\, t_q \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_{voo} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2\,H}{g}} \qquad \text{(I)}$$

$$t_{voo} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}25}{10}}$$

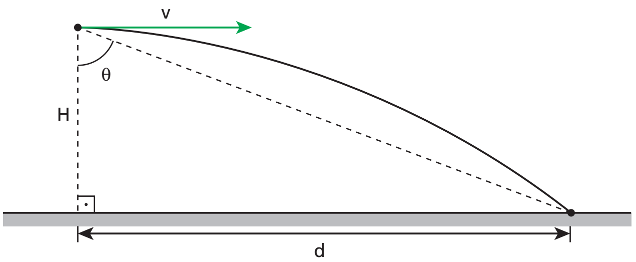
$$\boxed{t_{voo} = 0{,}75 \text{ s}}$$

b) De x = 0 a x = 24 m, por exemplo, temos:

$$v_X = \frac{\Delta x}{t_{voo}} = \frac{24 \text{ m} - 0}{\frac{3}{4}\text{ s}} \Rightarrow \boxed{v_X = 32 \text{ m/s}}$$

c)
- Passamos a ter uma gravidade aparente $g_{ap} = 4 \cdot g$.
  De (I):
  $$t_{voo}' = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{2\,H}{4\,g}} = \frac{1}{2}\, t_{voo} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow t_{voo}' = \frac{3}{8}\text{ s}$$
- De x = 0 a x = 24 m:
  $$v_X' = \frac{\Delta x}{t_{voo}'} = \frac{24}{\frac{3}{8}} \Rightarrow \boxed{v_X' = 64 \text{ m/s}}$$

Respostas: a) 0,75 s; b) 32 m/s; c) 64 m/s



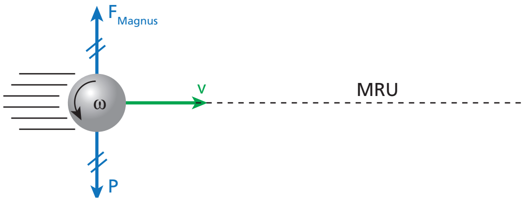
$$t_q = \sqrt{\frac{2\,H}{g}} \Rightarrow d = v \sqrt{\frac{2\,H}{g}}$$

$$\text{tg } \theta = \frac{d}{H} = \frac{v \sqrt{\frac{2\,H}{g}}}{H} \Rightarrow \boxed{\text{tg } \theta = v \sqrt{\frac{2}{g\,H}}}$$

Resposta: $\text{tg } \theta = v \sqrt{\frac{2}{g\,H}}$

75.

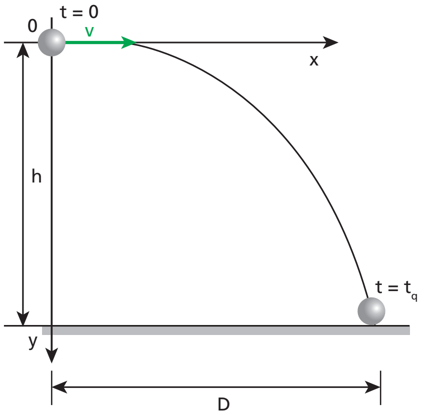
a)



$$F_{Magnus} = P \Rightarrow k\ \ v\ \ \omega = M\ \ g$$

$$\boxed{\omega = \frac{M\,g}{k\,v}}$$ (sentido indicado na figura: anti-horário)

b)

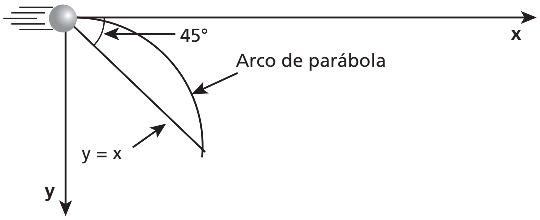


$$h = \frac{g\,t_q^{\;2}}{2} \Rightarrow t_q = \sqrt{\frac{2\,h}{g}}$$

$$D = v \;\; t_q \Rightarrow \boxed{D = v\sqrt{\frac{2\,h}{g}}}$$

Respostas: a) $\omega = \frac{M\,g}{k\,v}$; sentido anti-horário; b) $D = v\sqrt{\frac{2\,h}{g}}$

76.



Equação da parábola: $x = 4\,t \Rightarrow t = \frac{x}{4}$

$y = 5 \;\; t^2 \Rightarrow y = \frac{5\,x^2}{16}$

Interseção da parábola com a reta $y = x$:

$x = \frac{5\,x^2}{16} \Rightarrow x = 0$ e $x = 3{,}2$ m

Resposta: A bola tocará primeiro o sétimo degrau.

77.

A frequência de A é f = 30 rpm = 0,5 Hz. Para que B acerte A, o tempo de queda de B, t_q, deve ser igual a n T, em que T é o período de A e n = 1, 2, 3, ...

$t_q = n \;\; T$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} = n\,T \Rightarrow H = \frac{n^2 \;\; g\;T^2}{2}$$

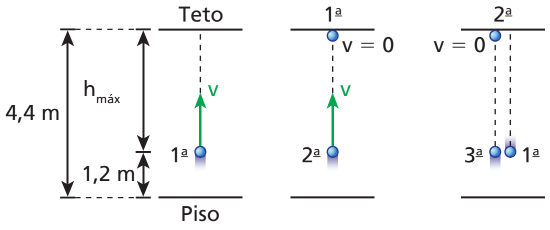
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}5} \Rightarrow T = 2\text{ s}$$

$$H = \frac{n^2 \;\; 10 \cdot 2^2}{2} \Rightarrow \boxed{H = 20\,n^2} \quad (n = 1, 2, 3, ...)$$

Resposta: n^2 (20 m), com n = 1, 2, 3, ...

78.

a)



$4{,}4 = h_{máx} + 1{,}2 \Rightarrow h_{máx} = 3{,}2$ m

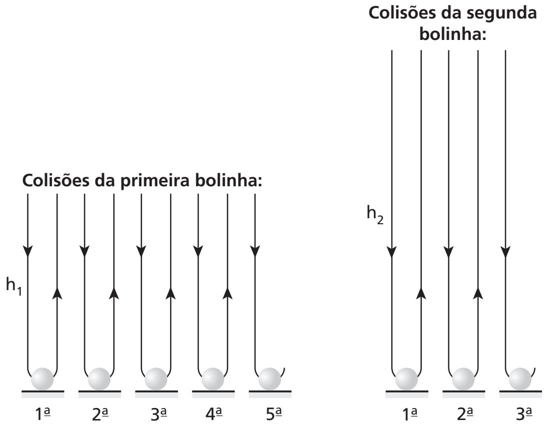
$$h_{máx} = \frac{v^2}{2g} \Rightarrow 3{,}2 = \frac{v^2}{20} \Rightarrow \boxed{v = 8\text{ m/s}}$$

b)

$$t_s = \frac{v}{g} = \frac{8}{10} \Rightarrow \boxed{t_s = 0{,}8\text{ s}}$$

Respostas: a) 8 m/s; b) 0,8 s

79.



Como o tempo de queda $\left(\sqrt{\frac{2\,h}{g}}\right)$ é igual ao de subida:

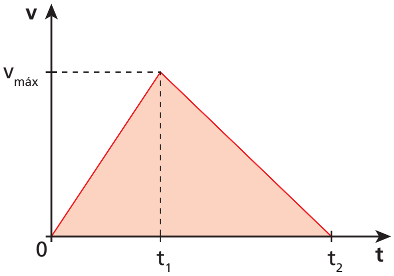
$$\left.\begin{aligned} \Delta t_{\text{primeira bolinha}} &= 9\sqrt{\frac{2\,h_1}{g}} \\ \Delta t_{\text{segunda bolinha}} &= 5\sqrt{\frac{2\,h_2}{g}} \end{aligned}\right\} \Rightarrow 9\sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}0}{g}} = 5\sqrt{\frac{2\,h_2}{g}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{h_2 = 3{,}24\text{ m}}$$

Resposta: 3,24 m

80.

Para o erguimento do corpo ocorrer em tempo mínimo, ele deve subir com aceleração máxima e constante α_1 desde t = 0 ($v_0 = 0$) até certo instante t_1 em que $v_1 = v_{máx}$ e, em seguida, deve ser freado com aceleração de retardamento α_2 também máxima (em módulo) até o instante t_2 em que $v_2 = 0$. Como a corda, por ser flexível, não participa da frenagem, o máximo módulo da aceleração de retardamento é **g** (ascensão livre):



A “área” do triângulo sombreado é igual a H. Observe que acelerações de módulos máximos minimizam a “base” t_2 e maximizam a “altura” $v_{máx}$ desse triângulo.

De 0 a t_1:

$T_{máx} - M\,g = M\alpha_1 \Rightarrow n\,M\,g - M\,g = M\alpha_1 \Rightarrow \alpha_1 = (n - 1)\,g$

$v_{máx} = \alpha_1 t_1 \Rightarrow \boxed{v_{máx} = (n - 1)\,g\,t_1}$ (I)

De t_1 a t_2:

$$\alpha_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow -g = \frac{0 - v_{máx}}{t_2 - t_1} \Rightarrow \boxed{v_{máx} = g\,(t_2 - t_1)} \qquad (II)$$

$$(I) = (II)\text{: } (n - 1)\,g t_1 = g\,(t_2 - t_1) \Rightarrow \boxed{t_1 = \frac{t_2}{n}} \qquad (III)$$

Substituindo (III) em (I), vem:

$$v_{máx} = \frac{(n - 1)}{n}\, g\, t_2$$

$$\text{“Área”} = H \Rightarrow \frac{t_2\, v_{máx}}{2} = H \Rightarrow \frac{g\, t_2^{\,2}}{2} \cdot \frac{n - 1}{n} = H \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_2 = \boxed{\sqrt{\frac{2n\,H}{(n - 1)\,g}}}$$

Resposta: b

81.

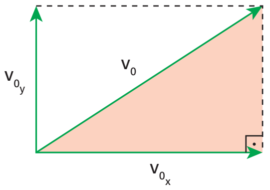
Resposta:

- Se a força resultante é constante e nula, o ponto material está em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme. Nesse caso, a trajetória é **puntiforme** ou **retilínea**.
- Se a força resultante é constante e não nula:
  – a trajetória é **retilínea** se o ponto material partiu do repouso ou já se movia na direção da força resultante quando ela passou a existir. É o que ocorre, por exemplo, nos movimentos verticais livres, próximos ao solo.
  – a trajetória é **parabólica** se o ponto material já se movia em uma direção diferente da direção da força resultante quando ela passou a existir. É o que ocorre, por exemplo, nos movimentos livres não verticais, próximos ao solo.

82.

a) A velocidade tem módulo mínimo no ponto de altura máxima, local em que ela possui apenas a componente horizontal v_x:

$$h_{máx} = \frac{v_{0_y}^{\,2}}{2\,g} \Rightarrow 25 = \frac{v_{0_y}^{\,2}}{20} \Rightarrow v_{0_y}^{\,2} = 500$$

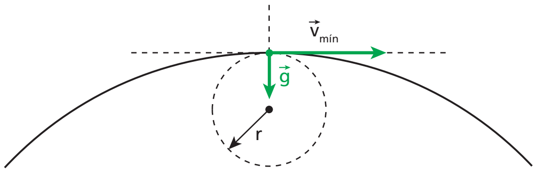


$$v_0^{\,2} = v_{0_x}^{\,2} + v_{0_y}^{\,2}$$

$$30^2 = v_{0_x}^{\,2} + 500$$

$$v_{0_x} = v_x = 20 \text{ m/s} \Rightarrow \boxed{v_{mín} = 20 \text{ m/s}}$$

b) No ponto de altura máxima, temos:

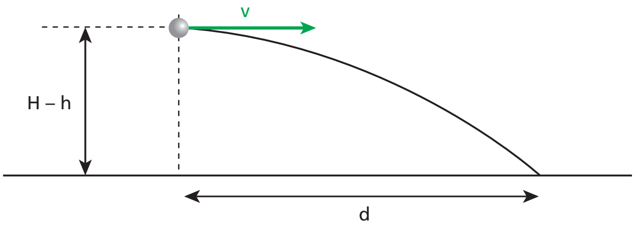


$$\vec{a}_{cp} = \vec{g} \Rightarrow \frac{v_{mín}^{\,2}}{r} = g \Rightarrow \frac{20^2}{r} = 10$$

$$\boxed{r = 40 \text{ m}}$$

Respostas: a) 20 m/s; b) 40 m

83.



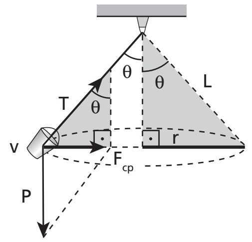
$$d = v\sqrt{\frac{2\,(H - h)}{g}} = \sqrt{2\,g\,h}\,\sqrt{\frac{2\,(H - h)}{g}} = 2\,\sqrt{H\,h - h^2}$$

Precisamos do valor de **h** que torna máxima a função $H\,h - h^2$:

$$h = \frac{-b}{2\,a} = \frac{-H}{2\,(-1)} \Rightarrow \boxed{h = \frac{H}{2}}$$

Resposta: $h = \frac{H}{2}$

84.

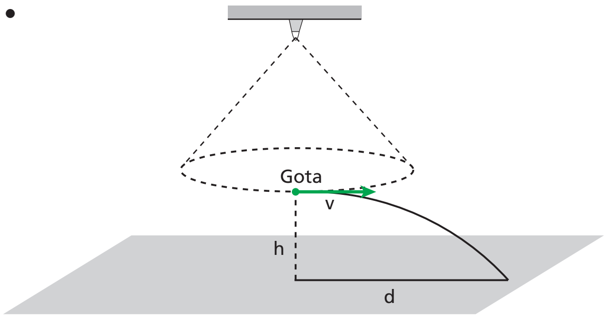


- $r = L \text{ sen } \theta$ (I)

$$\text{tg } \theta = \frac{F_{cp}}{P} \Rightarrow \text{tg } \theta = \frac{\frac{m\,v^2}{r}}{m\,g} \Rightarrow v^2 = r\,g\,\text{tg } \theta$$

$v^2 = L \text{ sen } \theta\; g \text{ tg } \theta$ (II)

-



- $h = H - L \cdot \cos \theta$
- $d = v\,\sqrt{\frac{2\,h}{g}} = v \cdot \sqrt{\frac{2\,(H - L \cos \theta)}{g}}$

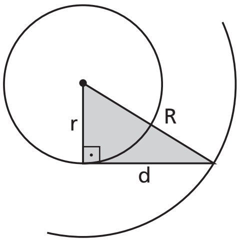
$d^2 = \frac{2\,v^2}{g}\,(H - L \cos \theta)$ (III)

Substituindo (II) em (III), temos:

$$d^2 = \frac{2\,L \text{ sen}\theta\; g \text{ tg } \theta}{g} \cdot (H - L \cos \theta)$$

$d^2 = 2\,L \text{ sen } \theta \text{ tg } \theta\,(H - L \cos \theta)$ (IV)

- Olhando de cima:



$$R = \sqrt{r^2 + d^2}$$

De (I) e (IV):

$$R = \sqrt{L^2\ \text{sen}^2\,\theta + 2\,L\ \text{sen}\,\theta\ \text{tg}\,\theta\ (H - L\cos\theta)}$$

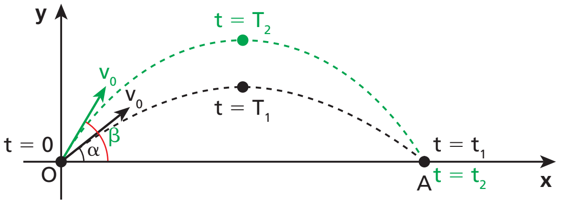
$$R = \sqrt{\left(\frac{1}{2}\right)^2\ \frac{3}{4} + 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}\ \sqrt{3} \cdot \left(1{,}0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}\right)}$$

$$\boxed{R = \frac{\sqrt{21}}{4}\ \text{m}}$$

Resposta: d

85.

Como a única restrição a respeito de α e β é que sejam agudos, o resultado geral da expressão $E = t_1T_1 + t_2T_2$ deve, necessariamente, valer para o caso particular em que α e β são complementares. Nessa situação, o ponto comum de ambas as trajetórias a que se refere o enunciado é o ponto de abscissa $x = A$ e ordenada $y = 0$, em que A é o alcance horizontal, igual para as duas partículas:



$$t_s = \frac{v_0\ \text{sen}\ \theta}{g} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = \dfrac{v_0\ \text{sen}\ \alpha}{g} \\ T_2 = \dfrac{v_0\ \text{sen}\ \beta}{g} \end{cases}$$

$t_1 = 2\,T_1$ e $t_2 = 2\,T_2$:

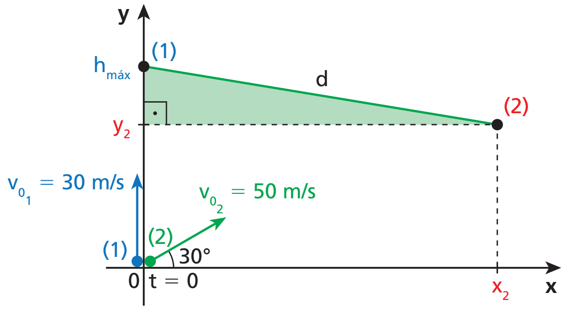
$$E = t_1T_1 + t_2T_2 = 2\,T_1^2 + 2T_2^2 = 2\left(\frac{v_0^{\ 2}\ \text{sen}^2\ \alpha}{g^2} + \frac{v_0^{\ 2}\ \text{sen}^2\ \beta}{g^2}\right)$$

Como $\text{sen}\ \beta = \cos\alpha$:

$$E = \frac{2\ v_0^{\ 2}}{g^2}\ (\text{sen}^2\,\alpha + \cos^2\alpha) \Rightarrow \boxed{E = \frac{2\ v_0^{\ 2}}{g^2}}$$

Resposta: b

86.



$$\text{Bola (1): } t_s = \frac{v_{0_1}^{\ \ 2}}{g} = \frac{30}{10} \Rightarrow t_s = 3\ \text{s}$$

$$h_{\text{máx}} = \frac{v_{0_1}^{\ \ 2}}{2g} = \frac{30^2}{20} \Rightarrow h_{\text{máx}} = 45\ \text{m: ver ponto (1) na figura.}$$

Bola (2): ordenada y_2 em $t_s = 3$ s:

$$y_2 = v_{0_2}\ \text{sen}\,30°\ t_s - \frac{g}{2}\ t_s^{\ 2} = 50 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 - \frac{10}{2} \cdot 3^2$$

$y_2 = 30$ m: ver ponto (2) na figura.

Abscissa x_2 em $t_s = 3$ s:

$$x_2 = v_{0_2}\ \cos 30° t_s = 50 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 3$$

$$x_2 = 75\ \sqrt{3}\ \text{m}$$

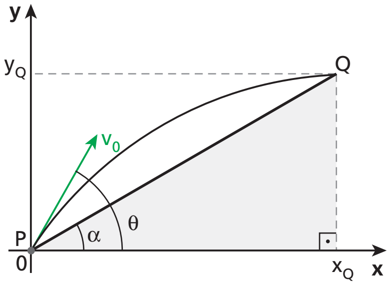
Cálculo da distância **d**:

$$d^2 = (h_{\text{máx}} - y_2)^2 + x_2^{\ 2} = 15^2 + (75\ \sqrt{3})^2 = 17100$$

$$\boxed{d = \sqrt{17\,100}\,\text{m}}$$

Resposta: c

87.



$$x = x_0 + v_{0_x}t \Rightarrow x = v_0\ \cos\theta\ t = 12 \cdot \frac{1}{2}t \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 6t \Rightarrow t = \frac{x}{6} \qquad (1)$$

$$y = y_0 + v_{0_y}t - \frac{g}{2}\ t^2 \Rightarrow y = v_0\ \text{sen}\theta\ t - \frac{g}{2}t^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y = 12 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}t - 5t^2 \Rightarrow y = 6\sqrt{3}t - 5t^2 \qquad (2)$$

Substituindo (1) em (2), temos:

$$y = 6\sqrt{3} \cdot \frac{x}{6} - 5 \cdot \left(\frac{x}{6}\right)^2 \Rightarrow y = \sqrt{3}x - \frac{5x^2}{36} \qquad (3)$$

No triângulo destacado, temos:

$$\text{tg}\ \alpha = \frac{y_Q}{x_Q} \Rightarrow y_Q = x_Q\ \text{tg}\ \alpha = x_Q \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \qquad (4)$$

Substituindo (4) em (3), temos:

$$x_Q \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} = \sqrt{3} \cdot x_Q - \frac{5x_Q^{\ 2}}{36} \Rightarrow x_Q = \frac{24\sqrt{3}}{5}\ \text{m}$$

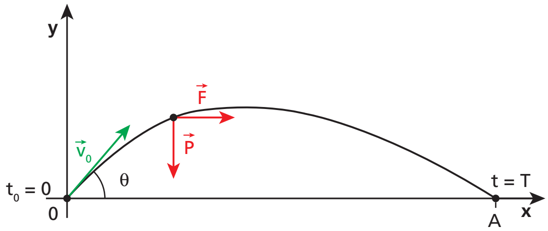
No mesmo triângulo:

$$\cos\alpha = \frac{x_Q}{PQ} \Rightarrow PQ = \frac{x_Q}{\cos\alpha} = \frac{\dfrac{24\sqrt{3}}{5}}{\dfrac{\sqrt{3}}{2}}$$

$$\boxed{PQ = 9{,}6\ \text{m}}$$

Resposta: 9,6 m

88.



$$\text{Na vertical: } \begin{cases} y_0 = 0 \\ v_{0_x} = v_0 \operatorname{sen}\theta \\ \alpha_\gamma = -g \end{cases}$$

$$T = \frac{2 \cdot v_0 \operatorname{sen}\theta}{g}$$

$$\text{Na horizontal: } \begin{cases} x_0 = 0 \\ v_{0_x} = v_0 \cos\theta \\ \alpha_X = \dfrac{F}{m} \end{cases}$$

$$x = x_0 + v_{0_x} t + \frac{\alpha_x}{2} t^2 \Rightarrow x = v_0 \cos\theta \cdot t + \frac{F}{2m} t^2$$

Em t = T, temos x = A:

$$A = v_0 \cos\theta \frac{2 v_0 \operatorname{sen}\theta}{g} + \frac{F}{2\,m}\frac{4\,v_0^{\;2} \operatorname{sen}^2\theta}{g^2}$$

$$A = \frac{v_0^{\;2}}{g} 2 \operatorname{sen}\theta \cos\theta + \frac{2\,F\,v_0^{\;2}}{m\,g}\frac{\operatorname{sen}\theta \operatorname{sen}\theta}{g}\frac{\cos\theta}{\cos\theta}$$

$$A = \frac{v_0^{\;2}}{g} 2 \operatorname{sen}\theta \cos\theta \left(1 + \frac{F \operatorname{tg}\theta}{m\,g}\right)$$

$$\boxed{A = \frac{v_0^{\;2}}{g} \operatorname{sen} 2\theta \left(1 + \frac{F \operatorname{tg}\theta}{m\,g}\right)}$$

Resposta: Demonstração

89.

a) $H = \dfrac{v_{0_y}^{\;2}}{2g} \Rightarrow H = \dfrac{v_0^{\;2} \operatorname{sen}^2\theta}{2g}$

$D = \dfrac{v_0^{\;2}}{g} 2 \operatorname{sen}\theta \cos\theta$

$D = 2H \Rightarrow \dfrac{v_0^{\;2}}{g} 2 \operatorname{sen}\theta \cos\theta = 2\dfrac{v_0^{\;2} \operatorname{sen}^2\theta}{2g} \Rightarrow \operatorname{tg}\theta = 2$

$\boxed{\theta = \operatorname{arc\,tg} 2}$

b) $\operatorname{tg}\theta = 2 \Rightarrow \dfrac{\operatorname{sen}\theta}{\cos\theta} = 2 \Rightarrow \operatorname{sen}\theta = 2\cos\theta$

$\operatorname{sen}^2\theta + \cos^2\theta = 1$

$(2\cos\theta)^2 + \cos^2\theta = 1 \Rightarrow 5\cos^2\theta = 1 \Rightarrow \cos\theta = \dfrac{\sqrt{5}}{5}$ e

$\operatorname{sen}\theta = \dfrac{2\sqrt{5}}{5}$

$t_s = \dfrac{V_{0y}}{g} = \dfrac{v_0 \operatorname{sen}\theta}{g} \Rightarrow 2{,}0 = \dfrac{v_0 \cdot \dfrac{2\sqrt{5}}{5}}{10} \Rightarrow \boxed{v_0 = 10\sqrt{5}\ \text{m/s}}$

c) $H = \dfrac{v_0^{\;2} \operatorname{sen}^2\theta}{2g} = \dfrac{(10\sqrt{5})^2 \cdot \left(\dfrac{2\sqrt{5}}{5}\right)^2}{20} \Rightarrow \boxed{H = 20\ \text{m}}$

Respostas: a) $\theta = \operatorname{arc\,tg} 2$; b) $10\sqrt{5}$ m/s ($\cong$ 22 m/s); c) 20 m

90.

a) Em relação à estrada temos, para o projétil:

$V_x = v'_x + v = v' \cos 37° + v = 50{,}0 \cdot 0{,}80 + 20{,}0 \Rightarrow V_x = 60{,}0$ m/s

$V_y = v'_y = v' \operatorname{sen} 37° = 50{,}0 \cdot 0{,}60 \Rightarrow V_y = 30{,}0$ m/s

$\operatorname{tg}\theta = \dfrac{V_y}{V_x} = \dfrac{30{,}0}{60{,}0} = \dfrac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\theta = \operatorname{arc\,tg} \dfrac{1}{2}}$

b) Para o projétil:

$t_s = \dfrac{V_y}{g} = \dfrac{30{,}0}{10{,}0} \Rightarrow t_s = 3{,}0\ \text{s} \Rightarrow t_{total} = 2\,t_s = 6{,}0$ s

$x_P = V_x\, t_{total} = 60{,}0 \cdot 6{,}0 \Rightarrow x_P = 360$ m

Para a dianteira **D** da plataforma (MUV):

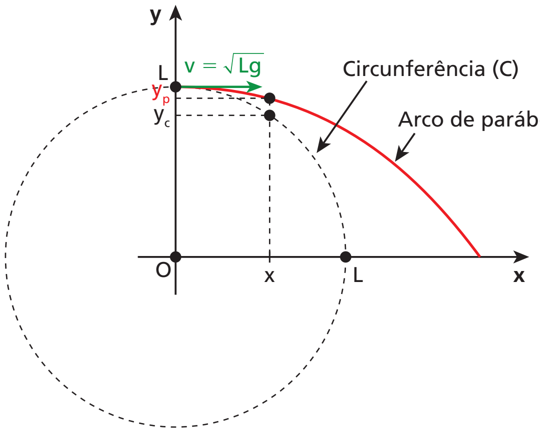
$x_D = L + v\,t_{total} + \dfrac{\alpha\, t_{total}^{\;2}}{2}$

$x_D = 5{,}0 + 20{,}0 \cdot 6{,}0 + \dfrac{5{,}0 \cdot 6{,}0^2}{2} \Rightarrow x_D = 215$ m

$d_{PD} = x_P - x_D = 360 - 215 \Rightarrow \boxed{d_{PD} = 145\ \text{m}}$

Respostas: a) $\theta = \operatorname{arc\,tg} \dfrac{1}{2}$; b) $d_{PD} = 145$ m

91.



Equação da circunferência: $y_C^{\;2} + x^2 = L^2 \Rightarrow y_C = \sqrt{L^2 - x^2}$ (I)

Equação da parábola:

$x = vt = \sqrt{Lg}\ t \Rightarrow t = \dfrac{x}{\sqrt{Lg}}$

$y_P = L - \dfrac{gt^2}{2} = L - \dfrac{g}{2}\left(\dfrac{x}{\sqrt{Lg}}\right)^2 \Rightarrow y_P = L - \dfrac{x^2}{2L}$ (II)

Vamos tentar uma demonstração por absurdo, supondo que, para um mesmo valor de **x** ($0 < x \leq L$), y_P seja menor que y_C:

$y_P < y_C \Rightarrow L - \dfrac{x^2}{2L} < \sqrt{L^2 - x^2}$

Lembrando que $x_{máx}$ comum às duas curvas é igual a **L**, elevemos ao quadrado a última expressão:

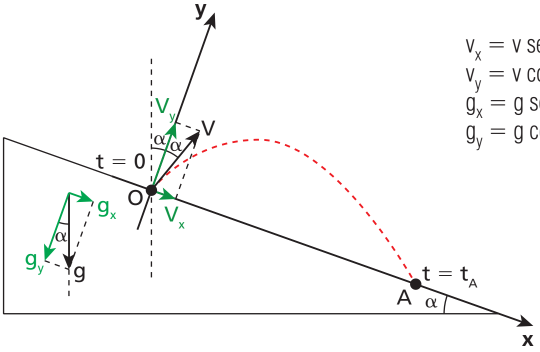
$L^2 - x^2 + \dfrac{x^4}{4\,L^2} < L^2 - x^2$

$\dfrac{x^4}{4\,L^2} < 0$, o que é **absurdo**, pois $\dfrac{x^4}{4\,L^2}$ é positivo. Portanto, para um mesmo valor de **x**, y_P é **maior** que y_C.

Resposta: Demonstração

92.

A intensidade v é dada por: $v = \sqrt{2gH}$ (I)



$v_x = v \text{ sen } \alpha$
$v_y = v \cos \alpha$
$g_x = g \text{ sen } \alpha$
$g_y = g \cos \alpha$

MUV em O_y:

$$y = v_y t - \frac{g_y}{2} t^2$$

$$y = v \cos \alpha \, t - \frac{g \cos \alpha}{2} t^2$$

Em A, $t = t_A$ e $y = 0$:

$$\boxed{0 = v \cos \alpha \, t_A - \frac{g \cos \alpha}{2} t_A^2}$$

$$g t_A^2 - 2 v t_A = 0 \Rightarrow t_A = \frac{2v}{g} \qquad \text{(II)}$$

MUV em O_x:

$$x = v_x t + \frac{g_x}{2} t^2$$

$$x = v \text{ sen } \alpha \, t + \frac{g \text{ sen } \alpha}{2} t^2$$

Em $t = t_A$, $x = x_A = \overline{OA}$: $x_A = v \text{ sen } \alpha \, t_A + \frac{g \text{ sen} \alpha}{2} t_A^2$

De (II): $x_A = v \text{ sen } \alpha \frac{2v}{g} + \frac{g \text{ sen } \alpha}{2} \cdot \frac{4v^2}{g^2} = \frac{4v^2}{g} \text{ sen } \alpha$

De (I): $x_A = \frac{4 \cdot 2gH}{g} \text{ sen } \alpha \Rightarrow \boxed{x_A = \overline{OA} = 8H \text{ sen } \alpha}$

Nota: Obviamente, esta questão pode ser resolvida usando o sistema cartesiano habitual. Entretanto, é muito mais trabalhoso.

Resposta: 8H sen α

93.

a) $x = v_0 \cos \theta \, t \Rightarrow A = v_0 \cos \theta \, T \Rightarrow \boxed{T = \frac{A}{v_0 \cos \theta}}$

$$y = h + v_0 \text{ sen } \theta \, t - \frac{g t^2}{2}$$

$$0 = h + v_0 \text{ sen } \theta \, T - \frac{g}{2} T^2$$

$$0 = h + v_0 \text{ sen } \theta \cdot \frac{A}{v_0 \cos \theta} - \frac{g}{2} \cdot \frac{A^2}{v_0^2 \cos^2 \theta}$$

$$0 = h + A \text{ tg } \theta - \frac{g A^2}{2 v_0^2} \sec^2 \theta$$

$$0 = h + A \text{ tg } \theta - \frac{g A^2}{2 v_0^2} \cdot (1 + \text{tg}^2 \theta)$$

$$0 = h + A \text{ tg} \theta - \frac{g A^2}{2 v_0^2} - \frac{g A^2}{2 v_0^2} \cdot \text{tg}^2 \theta$$

$$\underbrace{\frac{g A^2}{2 v_0^2}}_{a} \cdot \text{tg}^2 \theta - \underbrace{A}_{b} \text{ tg } \theta + \underbrace{\left(\frac{g A^2}{2 v_0^2} - h \right)}_{c} = 0$$

Na equação (I):

$$\Delta = A^2 - 4 \left(\frac{g A^2}{2 v_0^2} \right) \cdot \left(\frac{g A^2}{2 v_0^2} - h \right) = A^2 - \frac{g^2 A^4}{v_0^4} + \frac{2 g A^2 h}{v_0^2}$$

$$\Delta = A^2 \left(1 - \frac{g^2 A^2}{v_0^4} + \frac{2 g h}{v_0^2} \right)$$

Para existir tg θ real: $\Delta \geqslant 0$

$$A^2 \left(1 - \frac{g^2 A^2}{v_0^4} + \frac{2 g h}{v_0^2} \right) \geqslant 0 \Rightarrow 1 - \frac{g^2 A^2}{v_0^4} + \frac{2 g h}{v_0^2} \geqslant 0$$

$$\frac{g^2 A^2}{v_0^4} \leqslant 1 + \frac{2 g h}{v_0^2} \Rightarrow \frac{g^2 A^2}{v_0^4} \leqslant \frac{v_0^2 + 2 g h}{v_0^2}$$

$$A \leqslant \frac{v_0}{g} \sqrt{v_0^2 + 2 g h} \Rightarrow \boxed{A_{\text{máx}} = \frac{v_0}{g} \sqrt{v_0^2 + 2 g h}}$$

Note que $A_{\text{máx}}$ corresponde à igualdade $\Delta = 0$ na equação (I), situação em que essa equação admite uma única raiz tg θ real (raiz dupla), que é a abscissa do vértice da parábola: $-\frac{b}{2a}$:

$$\text{tg } \theta = -\frac{-A}{\frac{2 g A^2}{2 v_0^2}} = \frac{v_0^2}{g A}$$

Fazendo $A = A_{\text{máx}}$, vem:

$$\boxed{\text{tg } \theta_M = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + 2 g h}}}$$

Nota:

- Quando **h** é igual a zero, caímos no caso trivial em que $\theta_M = 45°$. De fato:

$$\text{tg } \theta_M = \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + 2 g \cdot 0}} = \frac{v_0}{v_0} = 1 \Rightarrow \theta_M = 45°$$

b) $\text{tg } \theta_M = \frac{100}{\sqrt{100^2 + 2 \cdot 10 \cdot 200}} \Rightarrow \boxed{\theta_M \cong 40°}$

Respostas: a) $\theta_M = \text{arc tg } \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + 2 g h}}$; b) $\cong 40°$

Tópico 6 – Trabalho e potência

Página 294

1.

O trabalho é nulo, já que a força do burro não provoca o deslocamento na carroça.

Resposta: Trabalho nulo.

2.

$$J = N \cdot m = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m \Rightarrow \boxed{J = kg \cdot \frac{m^2}{s^2}}$$

Resposta: b

4.

$\tau = F\,d\cos\theta \Rightarrow \tau = 20 \cdot 3{,}0 \cos 0°$

$\boxed{\tau = 60\ J}$

Resposta: 60 J

5.

$\tau = F\,d\cos\theta$

Nos três casos, $F\cos\theta$ tem o mesmo valor, isto é, $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ e $\vec{F}_3$ têm componentes horizontais iguais. Logo:

$\boxed{\tau_1 = \tau_2 = \tau_3}$

Resposta: c

6.

a) MCU: $F_{cp} = m\,\omega^2 R \Rightarrow F_{cp} = 50\,(0{,}50)^2\,4{,}0$

$\boxed{F_{cp} = 50\ N}$

b) O trabalho é nulo, já que a força centrípeta é perpendicular à trajetória em cada instante.

Respostas: a) 50 N; b) Trabalho nulo.

7.

$\tau = (\text{área})_{F \times x}$

a) $\tau_1 = \dfrac{(8{,}0 + 4{,}0)20}{2} \Rightarrow \tau_1 = 120\ J$

b) $\tau_2 = \dfrac{4{,}0(-40)}{2} \Rightarrow \tau_2 = -80\ J$

c) $\tau_3 = \tau_1 + \tau_2 \Rightarrow \tau_3 = 120 - 80\ (J)$

$\boxed{\tau_3 = 40\ J}$

Respostas: a) 120 J; b) −80 J; c) 40 J

8.

(I) 2ª Lei de Newton: $F = m\,a$

$20 = 4{,}0a \Rightarrow \boxed{a = 5{,}0\ m/s^2}$

(II) MUV: $d = V_0\,t + \dfrac{a}{2}t^2 \Rightarrow d = \dfrac{5{,}0}{2}(8{,}0)^2\ (m)$

$\boxed{d = 160\ m}$

(III) $\tau = F\,d\cos\theta \Rightarrow \tau = 20 \cdot 160 \cdot \cos 0°\ (J)$

$\boxed{\tau = 3{,}2 \cdot 10^3\ J}$

Resposta: 3,2 · 10³ J

9.

a) $F_{at_d} = \mu_e\,m\,g \Rightarrow 30 = \mu_e\,20 \cdot 10$

$\boxed{\mu_e = 0{,}15}$

$F_{at_c} = \mu_e\,m\,g \Rightarrow 20 = \mu_e\,20 \cdot 10$

$\boxed{\mu_e = 0{,}10}$

b) $\tau = F\,d\cos\theta$

MRU: $F = F_{at_c} = 20\ N$

Logo: $\tau = 20 \cdot 5 \cdot \cos 0° \Rightarrow \boxed{\tau = 100\ J}$

c) O trabalho seria nulo, já que a força de atrito de destaque não seria vencida (20 N < 30 N) e a caixa não sofreria nenhum deslocamento.

Respostas: a) Respectivamente, 0,15 e 0,10; b) 100 J; c) Trabalho nulo

11.

a) $\tau_{(\vec{F})} = F\,d\cos\alpha$

$(\alpha = 0°\ \text{e}\ \cos\alpha = 1)$

$\tau_{\vec{F}} = 1{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot (1)\ (J)$

$\boxed{\tau_{\vec{F}} = 1{,}0 \cdot 10^3\ J}$

b) MRU: $F_{at} = F$

$\tau_{\vec{F}_{at}} = F_{at}\,d\cos\beta$

$(\beta = 180°\ \text{e}\ \cos\beta = -1)$

$\tau_{\vec{F}_{at}} = 1{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10\,(-1)\ (J)$

$\boxed{\tau_{\vec{F}_{at}} = -1{,}0 \cdot 10^3\ J}$

Respostas: a) 1,0 · 10³ J; b) –1,0 · 10³ J

12.

O bloco se deslocará para a direita, já que $F_{2_x} = F_2 \cdot \cos\theta$ supera F_4 (60 N > 50 N).

Forças perpendiculares ao deslocamento não realizam trabalho, logo:

$\boxed{\tau_1 = \tau_3 = 0}$

$\tau_2 = F_2\,d\cos\theta = 100 \cdot 5{,}0 \cdot 0{,}60\ (J)$

$\boxed{\tau_2 = 300\ J}$

$\tau_4 = F_4\,d\cos\theta = 50 \cdot 5{,}0 \cdot (-1)\ (J)$

$\boxed{\tau_4 = -250\ J}$

Resposta: $\tau_1 = 0$; $\tau_2 = 300\ J$; $\tau_3 = 0$; $\tau_4 = -250\ J$

13.

a) $F_{1_x} = F_1 \cos 60° \Rightarrow F_{1_x} = 10 \cdot \dfrac{1}{2}\ (N)$

$\boxed{F_{1_x} = 5{,}0\ N}$

Cada quadradinho da figura tem lado equivalente a 1,0 N.

$\vec{F}_2 = -3{,}0\,\vec{x} + 4{,}0\,\vec{y} \Rightarrow F_2^2 = (3{,}0)^2 + (4{,}0)^2$

$\boxed{F_2 = 5{,}0\ N}$

b) $\tau_{\vec{F}_1} = F_{1_x}\ d\ \cos 0° \Rightarrow \tau_{\vec{F}_1} = 5{,}0 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{\tau_{\vec{F}_1} = 10\ J}$

$\tau_{\vec{F}_2} = F_{2_x}\ d\ \cos 180° \Rightarrow \tau_{\vec{F}_2} = 3{,}0 \cdot 2{,}0 \cdot (-1)\ (J)$

$\boxed{\tau_{\vec{F}_2} = -6{,}0\ J}$

Respostas: a) 5,0 N; b) Respectivamente, 10 J e −6,0 J

14.

(I) MRU: $F = P_t$

$F = P\ \text{sen}\ 30° \Rightarrow F = 4{,}0 \cdot 10^2 \cdot \frac{1}{2}$ (N)

$\boxed{F = 2{,}0 \cdot 10^2\ \text{N}}$

(II) $\tau_{\vec{F}} = F\ d\ \cos 0° \Rightarrow \tau_{\vec{F}} = 2{,}0 \cdot 10^2 \cdot 3{,}0$ (J)

$\boxed{\tau_{\vec{F}} = 6{,}0 \cdot 10^2\ \text{J}}$

Resposta: 6,0 · 10² J

15.

a) $\tau_{\vec{F}_1} = \frac{(60 + 20)10}{2} \Rightarrow \boxed{\tau_{\vec{F}_1} = 4{,}0 \cdot 10^2\ \text{J}}$

b) $\tau_{\vec{F}_2} = \frac{10\,(-20)}{2} \Rightarrow \boxed{\tau_{\vec{F}_2} = -1{,}0 \cdot 10^2\ \text{J}}$

c) $\tau = \frac{(80 + 20)\,15}{2} + \frac{10\,(-20)}{2} + \frac{5\,(-20)}{2} \Rightarrow \boxed{\tau = 6{,}0 \cdot 10^2\ \text{J}}$

Respostas: a) 4,0 · 10² J; b) −1,0 · 10² J; c) 6,0 · 10² J

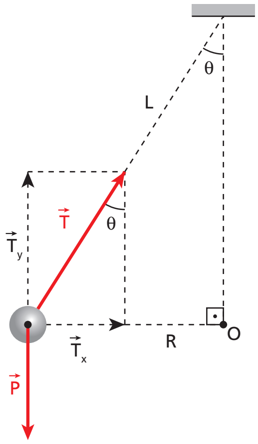
16.

$\text{sen}\ \theta = \frac{R}{L}$

$\text{sen}\ \theta = \frac{30}{50} \Rightarrow \boxed{\text{sen}\ \theta = 0{,}6}$

$\text{sen}^2\ \theta + \cos^2\ \theta = 1$

$(0{,}6)^2 + \cos^2\ \theta = 1 \Rightarrow \boxed{\cos\ \theta = 0{,}8}$



a) Equilíbrio na vertical:

$T_Y = P \Rightarrow T\ \cos\ \theta = m \cdot g$

$T\ 0{,}8 = 2{,}4 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{T = 30\ \text{N}}$

b) MCU na horizontal: $F_{cp} = T_x$

$m\ \omega^2\ R = T\ \text{sen}\ \theta \Rightarrow 2{,}4\ \omega^2\ 0{,}30 = 30 \cdot 0{,}6$

Da qual: $\boxed{\omega = 5{,}0\ \text{rad/s}}$

c) O trabalho é nulo, já que a citada força é perpendicular a cada deslocamento elementar sofrido pela esfera.

Respostas: a) 30 N; b) 5,0 rad/s; c) Trabalho nulo.

Página 301

17.

$\boxed{\tau_{AB} = -m\,g\,h}$ (trabalho resistente)

$\boxed{\tau_{BC} = +m\,g\,h}$ (trabalho motor)

$\tau_{AC} = \tau_{AB} + \tau_{BC} \Rightarrow \tau_{AC} = -\,m\,g\,h + m\,g\,h$

$\boxed{\tau_{AC} = 0}$

Resposta: c

18.

Teorema da Energia Cinética:

$$\tau = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0{}^2}{2} \Rightarrow 256 = \frac{8{,}0v^2}{2} - \frac{8{,}0\,(6{,}0)^2}{2}$$

Da qual: $\boxed{v = 10{,}0\ \text{m/s}}$

Resposta: 10,0 m/s

19.

Teorema da Energia Cinética:

$\tau = \Delta E_C \Rightarrow F\ d\ \cos 0° = \Delta E_C$

$2{,}0\ d = 3{,}0 \Rightarrow \boxed{d = 1{,}5\ \text{m}}$

Resposta: 1,5 m

20.

a) $\tau \overset{n}{=} (\text{área})_{F \times x}$

$\tau = 2 \cdot 5 + \frac{(15 + 5)\,2}{2} + \frac{2 \cdot 15}{2}$

Da qual: $\boxed{\tau = 45\ \text{J}}$

b) Teorema da Energia Cinética:

$\tau = \frac{m\,v_1{}^2}{2} - \frac{m\,v_0{}^2}{2} \Rightarrow 45 = \frac{0{,}90\ v^2}{2}$

Da qual: $\boxed{v_1 = 10\ \text{m/s}}$

Deve-se notar que no trecho de $x_1 = 6$ m a $x_2 = 8$ m a partícula segue em MRU, por isso:

$\boxed{v_2 = v_1 = 10\ \text{m/s}}$

Respostas: a) 45 J; b) 10 m/s

22.

Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\text{total}} = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0{}^2}{2} \Rightarrow \tau_{\vec{P}} + \tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{m\,v^2}{2}$$

$$m\,g\,h + \tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow 6{,}0 \cdot 10 \cdot 5{,}0 + \tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{6{,}0 \cdot (9{,}0)^2}{2}$$

$300 + \tau_{\vec{F}_{at}} = 243 \Rightarrow \boxed{\tau_{\vec{F}_{at}} = -\ 57\ \text{J}}$

$Q = \left|\tau_{\vec{F}_{at}}\right| \Rightarrow \boxed{Q = 57\ \text{J}}$

Resposta: 57 J

23.

(I) $\tau_{\text{total}} = \Delta E_C \Rightarrow \tau_{\text{musc}} + \tau_{\vec{P}} = \Delta E_C$

$\tau_{\text{musc}} - m\,g\,h = 0 \Rightarrow \tau_{\text{musc}} = m\,g\,h$

$\tau_{\text{musc}} = 80 \cdot 10 \cdot 2{,}0\ (\text{J}) \Rightarrow \boxed{\tau_{\text{musc}} = 1\,600\ \text{J}}$

(II) O trabalho das forças musculares para manter o haltere suspenso é nulo, já que, nessa situação, não ocorre deslocamento.

Resposta: d

24.

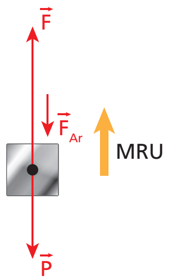
Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{total} = \Delta E_C \Rightarrow \tau_{\vec{F}} + \tau_{\vec{F}_{ar}} + \tau_{\vec{P}} = \Delta E_C$$

$$\tau_{\vec{F}} + \tau_{\vec{F}_{ar}} - m\,g\,h = 0$$

$$\tau_{\vec{F}} - 1\,400 - 200 \cdot 10 \cdot 10 = 0$$

Da qual: $\boxed{\tau_{\vec{F}} = 21\,400 \text{ J} = 2{,}14 \cdot 10^4 \text{ J}}$



Resposta: 2,14 · 10^4 J

25.

a) $\tau_{\vec{F}} = F\ \overline{AB}\ \cos 45°$

$$\tau_{\vec{F}} = 10 \cdot 2{,}0\,\sqrt{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}\ (\text{J})$$

$$\boxed{\tau_{\vec{F}} = 20 \text{ J}}$$

b) $\tau_{\vec{P}} = -m\,g\ \overline{OA} \Rightarrow \tau_{\vec{P}} = -2{,}0 \cdot 10 \cdot 2{,}0\ (\text{J})$

$$\boxed{\tau_{\vec{P}} = -40 \text{ J}}$$

Respostas: a) 20 J; b) −40 J

26.

$$\tau_{\vec{F}_e} = -\frac{K\,(\Delta x)^2}{2}$$

$$\tau_{\vec{F}_e} = -\frac{1{,}0 \cdot 10^3\ (0{,}20)^2}{2}\ (\text{J})$$

$$\boxed{\tau_{\vec{F}_e} = -20 \text{ J}}$$

Resposta: d

27.

a) Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^2}{2}$$

$$\tau_{\vec{F}_{at}} = 0 - \frac{10\,(10)^2}{2} \Rightarrow \boxed{\tau_{\vec{F}_{at}} = -5{,}0 \cdot 10^2 \text{ J}}$$

b) $F_{at} = \mu\ F_n \Rightarrow F_{at} = \mu\ m \cdot g$ (I)

2ª Lei de Newton: $F_{at} = m\ a$ (II)

De (I) e (II), vem: $m\ a = \mu\ m\ g$

$a = \mu\ g \Rightarrow a = 0{,}10 \cdot 10\ (\text{m/s}^2)$

$$\boxed{a = 1{,}0 \text{ m/s}^2}$$

MUV:

$v = v_0 + \alpha\ t$

$$\frac{10}{2} = 10 - 1{,}0\ t \Rightarrow \boxed{t = 5{,}0 \text{ s}}$$

Respostas: a) $-5{,}0 \cdot 10^2$ J; b) 5,0 s

28.

a) Teorema da Energia Cinética: $\tau_{\vec{F}_{at}} = \dfrac{m\,v_f^2}{2} - \dfrac{m\,v_i^2}{2}$

$$\mu\ F_n\ d\ \cos 180° = 0 - \frac{m\,v^2}{2}$$

$$-\mu\ m\ g\ d = -\frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2\,\mu\,g\,d}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 0{,}40 \cdot 10 \cdot 2{,}0}\ (\text{m/s}) \Rightarrow \boxed{v = 4{,}0 \text{ m/s}}$$

b) $E_{C_i} = \dfrac{m\,v^2}{2} \Rightarrow E_{C_i} = \dfrac{100\,(4{,}0)^2}{2}\ (\text{J})$

$$\boxed{E_{C_i} = 8{,}0 \cdot 10^2 \text{ J}}$$

$$\boxed{\tau_{\vec{F}_{at}} = -E_{C_i} = -8{,}0 \cdot 10^2 \text{ J}}$$

Respostas: a) 4,0 m/s; b) Respectivamente, 8,0 · 10^2 J e −8,0 · 10^2 J.

29.

Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\vec{F}_r} = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^2}{2}$$

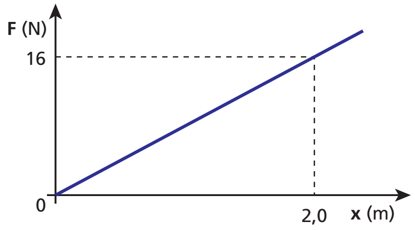
$$F_r\ d\ \cos 180° = 0 - \frac{m\,v_0^2}{2}$$

$$-F_r\ 0{,}20 = -\frac{10 \cdot 10^{-3}\ (120)^2}{2}$$

Donde: $\boxed{F_r = 3{,}6 \cdot 10^2 \text{ N}}$

Resposta: 3,6 · 10^2 N

30.



(I) $\tau = \text{“área”} = \dfrac{2{,}0 \cdot 16}{2} = 16 \text{ J}$

(II) $\tau = \dfrac{m\,v^2}{2} - \dfrac{m\,v_0^2}{2} \Rightarrow 16 = \dfrac{2{,}0\,v^2}{2} \Rightarrow \boxed{v = 4{,}0 \text{ m/s}}$

Resposta: 4,0 m/s

32.

Aplicando-se o Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{total} = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^2}{2} \Rightarrow \tau_{\vec{P}} + \tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{m\,v^2}{2}$$

$$mgh + \tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{m\,v^2}{2}$$

$$70 \cdot 10 \cdot 5{,}0 + \tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{70\,(2{,}0)^2}{2} \Rightarrow \boxed{\tau_{\vec{F}_{at}} = -3\,360 \text{ J}}$$

Resposta: – 3 360 J

33.

Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{total} = E_{C_B} - E_{C_A} \Rightarrow m\,g\,H - F_{at}\ d = 0 - \frac{m\,v_A^2}{2}$$

$$2{,}0 \cdot 10\ H - 7{,}5 \cdot 10 = -\frac{2{,}0 \cdot (5{,}0)^2}{2} \Rightarrow \boxed{H = 2{,}5 \text{ m}}$$

Resposta: 2,5 m

34.

a) Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\vec{F}_e} = \frac{m\,v_B^{\,2}}{2} - \frac{m\,v_A^{\,2}}{2}$$

$$\frac{K\,(\Delta x)^2}{2} = \frac{m}{2}\,(v_B^{\,2} - v_A^{\,2})$$

$$1{,}0 \cdot 10^2 \cdot (0{,}50)^2 = 1{,}0 \cdot (v_B^{\,2} - 0) \Rightarrow \boxed{v_B = 5{,}0 \text{ m/s}}$$

b) Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{m\,v_C^{\,2}}{2} - \frac{m\,v_B^{\,2}}{2}$$

$$-\mu\;m\;g\;d = 0 - \frac{m\,v_B^{\,2}}{2} \Rightarrow \mu = \frac{m\,v_B^{\,2}}{2\,g\,d}$$

$$\mu = \frac{(5{,}0)^2}{2 \cdot 10 \cdot 5{,}0} \Rightarrow \boxed{\mu = 0{,}25}$$

Respostas: a) $v_B = 5{,}0$ m/s; b) 0,25

35.

a) Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{total} = E_{C_C} - E_{C_A}$$

$$\tau_{\vec{F}} + \tau_{\vec{P}} = \frac{M\,v_C^{\,2}}{2} - \frac{M\,v_A^{\,2}}{2} \Rightarrow F\,h - M\,g\,H = 0 \Rightarrow \boxed{F = \frac{M\,g\,H}{h}}$$

b) 2ª Lei de Newton:

$$F - P = M\;a \Rightarrow \frac{M\,g\,H}{h} - M\;g = M\;a$$

Assim: $\boxed{a = \left(\frac{H}{h} - 1\right)\,g}$

Respostas: a) $F = \frac{M\,g\,H}{h}$; b) $a = \left(\frac{H}{h} - 1\right)\,g$

36.

a) $\tau_{\vec{P}} = m\;g\;h \Rightarrow \tau_{\vec{P}} = 2{,}0 \cdot 10 \cdot 0{,}25$ (J)

$\boxed{\tau_{\vec{P}} = 5{,}0 \text{ J}}$

b) Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{total} = \frac{m\,v_C^{\,2}}{2} - \frac{m\,v_A^{\,2}}{2}$$

$$\tau_{\vec{P}} + \tau_{\vec{F}_e} = 0 \Rightarrow \tau_{\vec{F}_e} = -\tau_{\vec{P}}$$

$\boxed{\tau_{\vec{F}_e} = -5{,}0 \text{ J}}$

c) $\tau_{\vec{F}_e} = -\frac{K\,(\Delta x)^2}{2} \Rightarrow -5{,}0 = -\frac{K\,(0{,}050)^2}{2}$

Logo: $\boxed{K = 4{,}0 \cdot 10^3 \text{ N/m}}$

Respostas: a) 5,0 J; b) −5,0 J; c) $4{,}0 \cdot 10^3$ N/m

37.

a) $F = 32 - \frac{24}{6{,}0}\,h \Rightarrow F = 32 - 4{,}0\,h$ (SI)

A velocidade é máxima quando

$|\vec{F}| = |\vec{P}| = m \cdot g$, isto é, $|\vec{F}| = 2{,}0 \cdot 10 = 20$ N

Logo: $20 = 32 - 4{,}0 \cdot h \Rightarrow \boxed{h = 3{,}0 \text{ m}}$

b) Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{total} = \frac{m\,v_1^{\,2}}{2} - \frac{m\,v_0^{\,2}}{2}$$

$$\tau_{\vec{F}} + \tau_{\vec{P}} = \frac{m\,v_1^{\,2}}{2} \Rightarrow \text{“área”} - m\;g\;h = \frac{m\,v_1^{\,2}}{2}$$

$$\frac{(32 + 8{,}0) \cdot 6{,}0}{2} - 2{,}0 \cdot 10 \cdot 6{,}0 = \frac{2{,}0 \cdot v_1^{\,2}}{2} \Rightarrow \boxed{v_1 = 0}$$

Respostas: a) 3,0 m; b) Velocidade nula

38.

(I) Correta.

(II) Incorreta.

Em ambos os casos:

$\tau_{total} = \Delta E_C$

$\tau_{oper} + \tau_{\vec{P}} = 0 \Rightarrow \tau_{oper} - P\;h = 0$

$\boxed{\tau_{oper} = P\;h}$

(III) Correta.

(IV) Correta.

Resposta: d

40.

$\tau_{oper} = m\;g\;h$

h é a elevação do centro de massa da tora.

$h = 1{,}5 - 0{,}25 = 1{,}25$ m

$\tau_{oper} = 2{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 1{,}25$ (J)

$\boxed{\tau_{oper} = 2{,}5 \cdot 10^3 \text{ J}}$

Resposta: $2{,}5 \cdot 10^3$ J

Página 308

41.

a) Teorema da Energia Cinética:

$\tau_{total} = \Delta E_C \Rightarrow \tau_{oper} + \tau_{\vec{p}} = \Delta E_C$

$\tau_{oper} - m\,g\,h = 0 \Rightarrow \tau_{oper} = m\,g\,h$

$\tau_{oper} = 20 \cdot 10 \cdot 4{,}0 \text{ (J)} \Rightarrow \boxed{\tau_{oper} = 8{,}0 \cdot 10^2 \text{ J}}$

b) $Pot = \frac{\tau_{oper}}{\Delta t} \Rightarrow Pot = \frac{8{,}0 \cdot 10^2}{25}$ (W)

$\boxed{Pot = 32 \text{ W}}$

Respostas: a) $8{,}0 \cdot 10^2$ J; b) 32 W

42.

a) $\tau = m\,g\,h \Rightarrow \tau = 80 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 0{,}20$ (J)

$\boxed{\tau = 3{,}2 \cdot 10^3 \text{ J}}$

b) Em 20s, a potência dispendida é maior que em 40s. $Pot_{(20)} = 2\,Pot_{(40)}$.

Respostas: a) $3{,}2 \cdot 10^3$ J; b) Em 20 s, a pessoa dispende o dobro da potência que em 40 s.

43.

a) $\tau = -\tau_{\vec{p}} \Rightarrow \tau = -(-\,m\,g\,h) = m\,g\,h$

$\tau = 20 \cdot 10 \cdot 100 \Rightarrow \boxed{\tau = 2{,}0 \cdot 10^4 \text{ J}}$

b) $\text{Pot} = \dfrac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow 200 = \dfrac{2{,}0 \cdot 10^4}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 1{,}0 \cdot 10^2\ \text{s}}$

Respostas: a) $2{,}0 \cdot 10^4$ J; b) $1{,}0 \cdot 10^2$ s

44.

(I) $W = \dfrac{J}{s} = J \cdot s^{-1} = Nms^{-1} = kg\ \dfrac{m}{s^2}\ ms^{-1} = kg\ m^2s^{-3}$

(II) quilowatt/hora é unidade de energia, geralmente utilizada em geração e distribuição de energia elétrica.

Resposta: d

45.

(I) $V = \dfrac{H}{T} \Rightarrow V = \dfrac{600\ \text{m}}{10 \cdot 60\ \text{s}}$

$\boxed{V = 1{,}0\ \text{m/s}}$

(II)

$F = P$

$F = (m_C + m_B)\ g$

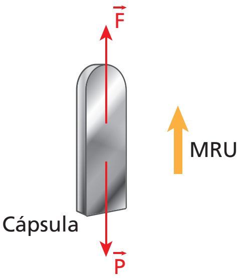
$F = (250 + 70)\ 10\ (\text{N})$

$\boxed{F = 3200\ \text{N}}$

(III) $\text{Pot} = FV$

$\text{Pot} = 3200 \cdot 1{,}0\ (\text{W})$

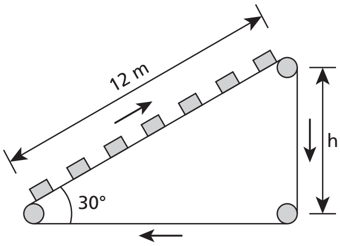
$\boxed{\text{Pot} = 3200\ \text{W}}$



Resposta: c

46.

(I) $\text{sen}\ 30° = \dfrac{h}{12}$



$0{,}50 = \dfrac{h}{12} \Rightarrow \boxed{h = 6{,}0\ \text{m}}$

(II) $\text{Pot}_m = \dfrac{\tau}{\Delta \tau} = \dfrac{P\ h}{\Delta \tau}$

$\text{Pot}_m = \dfrac{15 \cdot 200 \cdot 6{,}0}{60} \left(\dfrac{J}{s}\right)$

$\boxed{\text{Pot}_m = 3{,}0 \cdot 10^2\ \text{W}}$

Resposta: c

47.

a) Teorema da Energia Cinética:

$\tau = \dfrac{m\ v^2}{2} - \dfrac{m\ v_0{}^2}{2} \Rightarrow \tau = \dfrac{1{,}5 \cdot 10^3 \cdot (30)^2}{2}\ (\text{J})$

$\boxed{\tau = 6{,}75 \cdot 10^5\ \text{J}}$

b) $\text{Pot}_m = \dfrac{\tau}{\Delta \tau} \Rightarrow \text{Pot}_m = \dfrac{6{,}75 \cdot 10^5}{10 \cdot 750}\ (\text{W})$

$\boxed{\text{Pot}_m = 90\ \text{cv}}$

Respostas: a) $6{,}75 \cdot 10^5$ J; b) 90 cv

48.

$\tau = A_1 + A_2$

$\tau = \dfrac{(10 + 5{,}0)\ 20}{2} + 20 \cdot 20\ (\text{J})$

$\boxed{\tau = 5{,}5 \cdot 10^2\ \text{J}}$

b) $\text{Pot}_m = \dfrac{\tau}{\Delta \tau} = \dfrac{\tau}{\frac{d}{v}} \Rightarrow \text{Pot}_m = \dfrac{5{,}5 \cdot 10^2 \cdot 4{,}0}{20}\ (\text{W})$

$\boxed{\text{Pot}_m = 1{,}1 \cdot 10^2\ \text{W}}$

Respostas: a) $5{,}5 \cdot 10^2$ J; b) $1{,}1 \cdot 10^2$ W

49.

A potência elétrica disponibilizada em cada unidade geradora é calculada fazendo-se:

$\text{Pot}_m = \dfrac{12\,600}{18} = 700\ \text{MW} = 7{,}0 \cdot 10^8\ \text{W}$

Sendo $\mu = 1{,}0 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3$; $Z = 7{,}0 \cdot 10^2\ \text{m}^3\text{/s}$; $g = 10\ \text{m/s}^2$, calculemos o desnível **h**.

$\text{Pot}_m = \mu\ Z\ g\ h \Rightarrow 7{,}0 \cdot 10^8 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 7{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10\ h$

Logo: $\boxed{h = 100\ \text{m}}$

Resposta: 100 m

50.

$\text{Pot}_m = \mu\ Z\ g\ h$

$\text{Pot}_m = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 5{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 118\ (\text{W})$

$\boxed{\text{Pot}_m = 590\ \text{MW}}$

Professor: compare Xingó com Itaipu (exercício anterior).

Resposta: 590 MW

Página 313

51.

$\text{Pot} = |\vec{F}||\vec{v}| \cos \theta \Rightarrow \text{Pot} = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 5{,}0 \cdot \cos 0°\ (\text{W})$

Da qual: $\boxed{\text{Pot} = 5{,}0\ \text{kW}}$

Resposta: 5,0 kW

52.

a) 2ª Lei de Newton: $F = m\ a$

$1{,}0 = 2{,}0\ a \Rightarrow \boxed{a = 0{,}5\ \text{m/s}^2}$

b) MUV: $v = v_0 + a\ t \Rightarrow v = 0{,}5 \cdot 4{,}0\ (\text{m/s})$

$\boxed{v = 2{,}0\ \text{m/s}}$

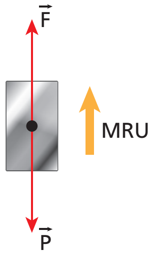
$\text{Pot} = F\ v \cos \theta \Rightarrow \text{Pot} = 1{,}0 \cdot 2{,}0 \cdot \cos 0°$

$\boxed{\text{Pot} = 2{,}0\ \text{W}}$

Respostas: a) $0{,}5\ \text{m/s}^2$; b) 2,0 W

53.

a)



$F = P$

$\boxed{F = 300\ \text{N}}$

b) $Pot = F\,v \Rightarrow Pot = 300 \cdot 0{,}50\ (\text{W})$

$\boxed{Pot = 150\ \text{W}}$

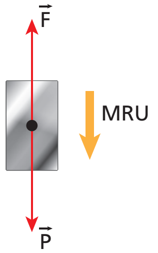
Respostas: a) 300 N; b) 150 W

54.

(I) $Pot = F\,v \Rightarrow 100 = F\ 5{,}0$

$\boxed{F = 20\ \text{N}}$

(II)



$P = F \Rightarrow M\,g = F$

$M\ 10 = 20 \Rightarrow \boxed{M = 2{,}0\ \text{kg}}$

Resposta: M = 2,0 kg

55.

$$\tau \overset{n}{=} (\text{área})_{Pot \times t} = \frac{(20 + 10)\ 1{,}0 \cdot 10^3}{2} + 30 \cdot 1{,}0 \cdot 10^3\ (\text{J})$$

Da qual: $\boxed{\tau = 4{,}5 \cdot 10^4\ \text{J}}$

b) $Pot_m = \dfrac{\tau}{\Delta t} \Rightarrow Pot_m = \dfrac{4{,}5 \cdot 10^4}{30}\ (\text{W})$

$\boxed{Pot_m = 1{,}5 \cdot 10^3\ \text{W} = 1{,}5\ \text{kW}}$

Respostas: a) $4{,}5 \cdot 10^4$ J; b) $1{,}5 \cdot 10^3$ W

57.

(I) $Pot_r = Pot_u + Pot_d \Rightarrow 200 = Pot_u + 50$

$\boxed{Pot_u = 150\ \text{W}}$

(II) $\eta = \dfrac{Pot_u}{Pot_r} = \dfrac{150}{200} \Rightarrow \boxed{\eta = 0{,}75 = 75\%}$

Resposta: c

58.

a) $\eta = \dfrac{Pot_u}{Pot_r} \Rightarrow 0{,}90 = \dfrac{36}{Pot_r}$

Da qual: $\boxed{Pot_r = 40\ \text{HP}}$

b) $Pot_r = Pot_u + Pot_d \Rightarrow 40 = 36 + Pot_d$

$\boxed{Pot_d = 4\ \text{HP}}$

Respostas: a) 40 HP; b) 4 HP

59.

(I) Correta

h é diretamente proporcional a t;

h = f (t) é uma função do 1º grau.

(II) Correta

$v = \dfrac{\Delta h}{\Delta t} \Rightarrow v = \dfrac{4{,}0}{8{,}0} \Rightarrow \boxed{v = 5{,}0 \cdot 10^{-1}\ \text{m/s}}$

(III) Correta

MRU: $F = P = m\,g \Rightarrow F = 5{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10\ (\text{N})$

$\boxed{F = 5{,}0 \cdot 10^3\ \text{N}}$

(IV) Correta

$Pot = Fv \Rightarrow Pot = 5{,}0 \cdot 10^3 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-1}\ (\text{W})$

$\boxed{Pot = 2{,}5\ \text{kW}}$

Resposta: a

60.

(I) MRU: $F_r = P \Rightarrow F_r = m\ g$

Como $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$ (valor normal), tem-se m = 100 kg; logo:

$F_r = 100 \cdot 9{,}8\ (\text{N}) \Rightarrow \boxed{F_r = 980\ \text{N}}$

(II) $Pot = F_r\ v\ \cos\theta$

($\theta = 180°$ e $\cos\theta = -1$)

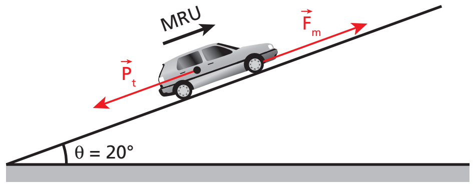
$Pot = 980 \cdot 5{,}0\ (-1)\ (\text{W})$

$\boxed{Pot = -4900\ \text{W} = -4{,}9\ \text{kW}}$

Resposta: b

61.

a)



(I) $P_t = m\ g\ \text{sen}\,\theta$

$P_t = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}34\ (\text{N})$

$\boxed{P_t = 3{,}4 \cdot 10^3\ \text{N}}$

(II) $\tau_{\vec{P}} = P_t\ d\ \cos\alpha$ (α é o ângulo entre $\vec{P}_t$ e $\vec{d}$)

($\alpha = 180°$ e $\cos\alpha = -1$)

$\tau_{\vec{P}} = 3{,}4 \cdot 10^3 \cdot 20\ (-1)\ (\text{J})$

$\boxed{\tau_{\vec{P}} = -6{,}8 \cdot 10^4\ \text{J}}$

b) MRU: $F_m = P_t = 3{,}4 \cdot 10^3$ N

$Pot_{(\vec{F}_m)} = F_m\ v\ \cos\beta$ (β é o ângulo formado entre $\vec{F}_m$ e $\vec{v}$)

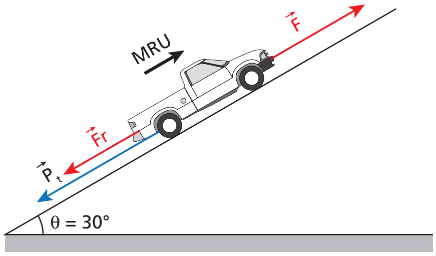
($\beta = 0°$ e $\cos\beta = 1$)

$Pot_{(\vec{F}_m)} = 3{,}4 \cdot 10^3 \cdot 10\ (1)\ (\text{W}) \Rightarrow \boxed{Pot_{(\vec{F}_m)} = 34\ \text{kW}}$

Respostas: a) $-6{,}8 \cdot 10^4$ J; b) 34 kW

62.

a)



MRU: $F = F_r + P_t \Rightarrow F = 0{,}25\ m\ g + m\ g\ \text{sen}\ \theta$

$F = 0{,}25\ m\ g + 0{,}5\ m\ g$

$F = 0{,}75\ m\ g \Rightarrow F = 0{,}75 \cdot 1{,}2 \cdot 10\ (\text{kN})$

$\boxed{F = 9{,}0\ \text{kN}}$

b) $\text{Pot} = F\ v\ \cos\alpha$

$(\alpha = 0° \text{ e } \cos\alpha = 1)$

$$\text{Pot} = 9{,}0 \cdot \frac{36}{3{,}6}\ (\text{kW})$$

$\boxed{\text{Pot} = 90\ \text{kW}}$

Respostas: a) 9,0 kN; b) 90 kW

63.

$F = F_r = k\ v^2$

$\text{Pot} = F\ v = k\ v^2\ v \Rightarrow \boxed{\text{Pot} = k\ v^3}$

$$\left.\begin{aligned} P_A &= k\,v_A^3 \Rightarrow 30 = k\,(140)^3 \\ P_B &= k\,v_B^2 \Rightarrow P_B = k\,(280)^3 \end{aligned}\right\} \frac{P_B}{30} = \left(\frac{280}{140}\right)^3 \Rightarrow \boxed{P_B = 240\ \text{HP}}$$

Resposta: $P_B = 240$ HP

65.

$\text{Pot} = F\ v \Rightarrow \text{Pot} = 20 \cdot 2\ k\ t$

$\text{Pot} = 40\ k\ t$

$200 = 40\ k\ 1$

$\boxed{k = 5}$

Resposta: k = 5

67.

a) $$\text{Pot}_m]_0^5 = \frac{\tau]_0^5}{\Delta t} = \frac{\text{“área”}}{\Delta t}$$

$$\text{Pot}_m]_0^5 = \frac{(5{,}0\ +\ 3{,}0)}{2 \cdot 5{,}0} \Rightarrow \boxed{\text{Pot}_m]_0^5 = 16\ \text{W}}$$

b) $$\tau]_0^5 = \frac{m\ v_5^2}{2} - \frac{m\ v_0^2}{2}$$

$$\text{“área”} = \frac{m}{2}\ (v_5^2 - v_0^2)$$

$$80 = \frac{2{,}0}{2}\ (v_5^2 - 1{,}0^2) \Rightarrow \boxed{v_5 = 9{,}0\ \text{m/s}}$$

Respostas: a) 16 W; b) 9,0 m/s

68.

a) (I) $$\eta = \frac{\text{Pot}_u}{\text{Pot}_r} \Rightarrow 0{,}60 = \frac{\text{Pot}_u}{5\,000} \Rightarrow \boxed{\text{Pot}_u = 3000\ \text{kW}}$$

(II) $\text{Pot}_u = \text{Pot}_r - \text{Pot}_d$ ou $\text{Pot}_d = \text{Pot}_r - \text{Pot}_u$

$\text{Pot}_d = 5000 - 3000\ (\text{kW})$

$\boxed{\text{Pot}_d = 2000\ \text{kW}}$

b) $\text{Pot}_u = F_m\ v\ \cos\theta\ (\theta = 0° \text{ e } \cos\theta = 1)$

$$3\,000 \cdot 10^3 = F_m\ \frac{36}{3{,}6} \Rightarrow \boxed{F_m = 300\ \text{kW}}$$

MRU: $F_r = F_m \Rightarrow \boxed{F_r = 300\ \text{kN}}$

Respostas: a) 2 000 kW; b) 300 kN

69.

(I) MRU:

$F = P \Rightarrow F = m\ g \Rightarrow F = 30 \cdot 10\ (\text{N}) \Rightarrow \boxed{F = 300\ \text{N}}$

(II) $$\eta = \frac{\text{Pot}_u}{\text{Pot}_r} \Rightarrow \eta = \frac{F\ v}{\text{Pot}_r} \Rightarrow 0{,}60 = \frac{300 \cdot 1{,}0}{\text{Pot}_r}$$

Logo: $\boxed{\text{Pot}_r = 500\ \text{W}}$

(III) $\text{Pot}_u = \text{Pot}_r - \text{Pot}_d$ ou $\text{Pot}_d = \text{Pot}_r - \text{Pot}_u$

$\text{Pot}_d = 500 - 300\ (\text{W})$

$\boxed{\text{Pot}_d = 200\ \text{W} = 2{,}0 \cdot 10^2\ \text{W}}$

Resposta: $2{,}0 \cdot 10^2$ W

70.

(I) $$\eta = \frac{\text{Pot}_u}{\text{Pot}_r} \Rightarrow 0{,}80 = \frac{4{,}0}{\text{Pot}_r}$$

$\boxed{\text{Pot}_r = 5{,}0\ \text{kW} = 5{,}0 \cdot 10^3\ \text{W}}$

(II) $\text{Pot}_r = \mu\ Z\ g\ h$

$5{,}0 \cdot 10^3 = 1{,}0 \cdot 10^3\ Z\ 10 \cdot 2{,}0$

$\boxed{Z = 0{,}25\ \text{m}^3/\text{s}}$

Resposta: d

Página 317

71.

A energia de ativação do isqueiro é o trabalho realizado pela força do rapaz para girar o rolete.

(I) $$d = \frac{2\pi R}{4} = \frac{\pi D}{4}$$

$$d = \frac{3 \cdot 8{,}0 \cdot 10^{-3}}{4}\ (\text{m})$$

$\boxed{d = 6{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{m}}$

(II) $E = \tau = F\ d\ \cos 0°$

$E = 1{,}5 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-3}\ (\text{J})$

$\boxed{E = 9{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{J}}$

Resposta: e

72.

a) Incorreta

$$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{30}{4,0}\ (m/s^2)$$

$$\boxed{\alpha = 7,5\ m/s^2}$$

b) Incorreta

Teorema da Energia Cinética:

Desprezando-se a resistência do ar:

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

$$\tau = \frac{1,0 \cdot 10^3 (30)^2}{2}\ (J)$$

$$\boxed{\tau = 4,5 \cdot 10^5\ J}$$

c) Incorreta

2ª Lei de Newton:

$F = m\ \alpha$

$F = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 7,5\ (N)$

$$\boxed{F = 7,5 \cdot 10^3\ N}$$

d) Incorreta

Sempre ocorrem dissipações da energia da bateria, isto é, o rendimento do sistema deve ser menos que 100%.

e) Correta

MUV: $\Delta s = V_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2$

$$\Delta s = \frac{7,5}{2} (4,0)^2\ (m)$$

$$\boxed{\Delta s = 60\ m}$$

Resposta: e

73.

a) MRU: A força resultante no conjunto A + B é nula.

Logo:

$T = F_{at_A} + F_{at_B}$

$T = \mu m_A g + \mu m_B g$

$T = 0,30 \cdot 10\ (0,5 + 1,0)\ (N)$

$$\boxed{T = 4,5\ N}$$

b) (I) $v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 0,10 = \frac{d}{2 \cdot 60}$

$$\boxed{d = 12\ m}$$

(II) $W = T\ d \cos 0°$

$W = 4,5 \cdot 12\ (J)$

$$\boxed{W = 54\ J}$$

c) MRU de A: $F = F_{at_A}$

$F = \mu\ m_A\ g$

$F = 0,30 \cdot 0,5 \cdot 10\ (N)$

$$\boxed{F = 1,5\ N}$$

d) $F = k\Delta x$

$F = k\ (x - x_0)$

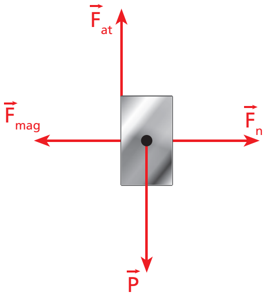
$1,5 = 10\ (x - 0,10)$

$$\boxed{x = 0,25\ m = 25\ cm}$$

Respostas: a) T = 4,5 N; b) W = 54 J; c) F = 1,5 N; d) x = 25 cm

74.

a)



Equilíbrio na vertical:

$F_{at} = P \Rightarrow F_{at} = m\ g$

Equilíbrio na horizontal:

$F_n = F_{mag}$

Para o ímã ficar em repouso, aderido à porta da geladeira, o atrito deve ser do tipo estático.

$F_{at} \leqslant Fat_d \Rightarrow F_{at} \leqslant \mu_e F_n \Rightarrow m\ g \leqslant \mu_e F_{mag}$

$$F_{mag} \geqslant \frac{mg}{\mu_e} \Rightarrow F_{mag_{mín}} = \frac{mg}{\mu_e} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0,80}\ (N)$$

$$\boxed{F_{mag_{mín}} = 0,25\ N = 2,5 \cdot 10^{-1}\ N}$$

b) (I) $F_{at_c} = \mu_c F_n \Rightarrow F_{at_c} = \mu_c\ F_{mag}$

$F_{at_c} = 0,60 \cdot 0,20 \Rightarrow \boxed{F_{at_c} = 0,12\ N}$

(II) $\tau = F_{at_c} \cdot d \cos 180°$

$\tau = 0,12 \cdot 0,20\ (-1)$

Da qual:

$$\boxed{\tau = -2,4 \cdot 10^{-2}\ J}$$

Respostas: a) $2,5 \cdot 10^{-1}$ N; b) $-2,4 \cdot 10^{-2}$ J

75.

Corpo 1: Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_1 = \frac{m_1\ v_1^{\ 2}}{2} - \frac{m_1\ v_0^{\ 2}}{2}$$

$$-\mu_1\ m_1\ g\ d = \frac{m_1}{2}\left[\left(\frac{v_0}{2}\right)^2 - v_0^{\ 2}\right]$$

Assim: $\mu_1\ g\ d = \frac{3}{8}\ v_0^{\ 2}$ (I)

Corpo 2: Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_2 = \frac{m_2\ v_2^{\ 2}}{2} - \frac{m_2\ v_0^{\ 2}}{2}$$

$$-\mu_2\ m_2\ g\ d = \frac{m_2}{2}\left[\left(\frac{v_0}{3}\right)^2 - v_0^{\ 2}\right]$$

Da qual: $\mu_2\ g\ d = \frac{4}{9}\ v_0^{\ 2}$ (II)

Dividindo (I) por (II), temos:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{3}{8} \cdot \frac{9}{4}$$

$$\boxed{\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{27}{32}}$$

Resposta: c

76.

Teorema da Energia Cinética:

$\tau_{total} = \Delta E_C$

$\tau_{\vec{P}} + \tau_{\vec{F}_{at}} = 0$

$m\ g\ h - \mu_C\ m\ g\ D = 0$

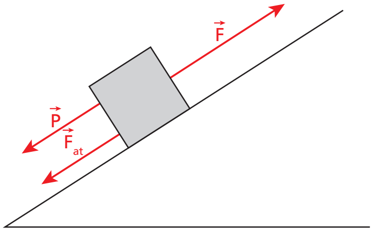
Da qual: $D = \dfrac{h}{\mu_c}$

$D = \dfrac{1,0}{0,20}\ (m) \Rightarrow \boxed{D = 5,0\ m}$

O menino percorre um total de 5,0 m na região de atrito:
2,0 m de **B** para **C**, 2,0 m de **C** para **B** e 1,0 m de **B** para **M** (ponto médio da parte plana BC).

Resposta: a

77.



(I) Teorema da Energia Cinética:

$\tau_{total} = \tau_{\vec{F}} + \tau_{\vec{P}} + \tau_{\vec{F}_{at}}$

$\tau_{total} = (\text{área}) - P\ h - \tau_{\vec{F}_{at}}$

$\tau_{total} = \dfrac{(5 + 3)\ 25}{2} - 10 \cdot 4 - 10\ (J)$

$\boxed{\tau_{total} = 50\ J}$

(II) $P = m\ g \Rightarrow 10 = m\ 10 \Rightarrow \boxed{m = 1\ kg}$

$\tau_{total} = \dfrac{m\ v_A^2}{2} - \dfrac{m\ v_0^2}{2}$

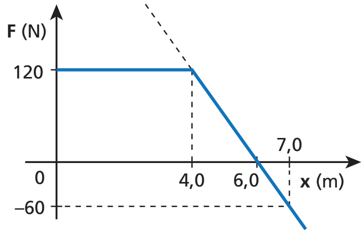
$50 = \dfrac{1\ v_A^2}{2} - \dfrac{1 \cdot 0}{2}$

Da qual: $\boxed{V_A = 10\ m/s}$

Resposta: d

78.

a)



b) (I) Cálculo do trabalho:

$\tau]_0^7 = \text{“área”}$

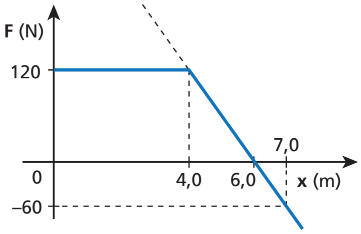
$\tau]_0^7 = \dfrac{(6,0\ +\ 4,0)\ 120}{2} + \dfrac{1,0\ (-60)}{2}\ (J)$

Da qual: $\boxed{\tau]_0^7 = 570\ J}$

(II) Cálculo da velocidade:
Teorema da Energia Cinética:

$\tau]_0^7 = E_{C_7} - E_{C_0} \Rightarrow 570 = \dfrac{10\ v_7^2}{2} \Rightarrow \boxed{v_7 \cong 10,7\ m/s}$

Respostas: a)



b) Aproximadamente 10,7 m/s

79.

A máxima velocidade é atingida em x = 8,0 m (força resultante nula).

(I) Cálculo do trabalho de $\vec{F}_1$:

$\tau_{\vec{F}_1} = 6,0 \cdot 40 + \dfrac{(40 + 20)\ 2,0}{2} \Rightarrow \boxed{\tau_{\vec{F}_1} = 300\ J}$

(II) Cálculo do trabalho de $\vec{F}_2$:

$\tau_{\vec{F}_2} = 8,0\ (-20) \Rightarrow \boxed{\tau_{\vec{F}_2} = -160\ J}$

$\tau_{total} = \tau_{\vec{F}_1} + \tau_{\vec{F}_2} = 300 - 160 \Rightarrow \boxed{\tau_{total} = 140\ J}$

(III) Cálculo da velocidade:

$\tau_{total} = E_{C_8} - E_{C_0} \Rightarrow 140 = \dfrac{2,8\ v^2_{máx}}{2} \Rightarrow \boxed{v_{máx} = 10\ m/s}$

Resposta: 10 m/s

80.

$Pot = \dfrac{\tau}{\Delta t} = \dfrac{m\ g\ h}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \dfrac{m\ g\ h}{Pot_m}$

$\Delta t = \dfrac{500 \cdot 9,8 \cdot 15}{2,0 \cdot 735}\ (s) \Rightarrow \boxed{\Delta t = 50\ s}$

Resposta: 50 s

81.

(I) 2ª Lei de Newton: $F = m\ a \Rightarrow F = m \dfrac{v_0}{t_0}$

(II) $Pot = F\ v \Rightarrow Pot = m\ \dfrac{v_0}{t_0}\ \dfrac{v_0}{t_0}\ t$

Da qual: $\boxed{Pot = \dfrac{m\ v_0^2}{t_0^2}\ t}$

Resposta: b

82.

$Pot = F\ v = (F_{at} + P_t)\ v$

$Pot = (\mu\ m\ g\ \cos\alpha + m\ g\ \text{sen}\ \alpha)\ \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$

$Pot = (0,50 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,80 + 10 \cdot 10 \cdot 0,60) \cdot \dfrac{2,0}{10}\ (W)$

$\boxed{Pot = 20\ W}$

Resposta: 20 W

83.

(I) A potência de 1 cv é dada em **W** por:

$$\text{Pot} = F\ v \Rightarrow \text{Pot} = m\ g\ v$$

$$\text{Pot} = 75 \cdot 10 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \boxed{\text{Pot} = 750\ \text{W}}$$

(II) A potência útil desenvolvida pelo carro é calculada a seguir:

$$\text{Pot}_{\text{carro}} = (F\ v)_{\text{carro}} = m\ g\ \text{sen}\ \theta\ v_{\text{carro}}$$

$$\text{Pot}_{\text{carro}} = 1\,000 \cdot 10 \cdot \frac{10}{100} \cdot 15\ (\text{W})$$

$$\text{Pot}_{\text{carro}} = 15\,000\ \text{W} = \frac{15\,000}{750}\ (\text{W})$$

$$\boxed{\text{Pot}_{\text{carro}} = 20\ \text{cv}}$$

Resposta: a

84.

a) 1) Utilizando-se o Teorema da Energia Cinética, desprezando-se o efeito de forças dissipativas e considerando-se que o movimento ocorra em linha reta em um plano horizontal, tem-se:

$$\tau_{\text{motor}} = \Delta E_{\text{cin}} = \frac{m\ v^2}{2}$$

$$\tau_{\text{motor}} = \frac{500 \cdot 10^3}{2} \cdot \left(\frac{288}{3{,}6}\right)^2\ (\text{J})$$

$$\tau_{\text{motor}} = 2{,}5 \cdot 10^5 \cdot 64 \cdot 10^2\ (\text{J})$$

$$\boxed{\tau_{\text{motor}} = 16 \cdot 10^8\ \text{J}}$$

2) $\text{Pot}_{\text{motor}} = \dfrac{\tau_{\text{motor}}}{\Delta t}$

$$8{,}0 \cdot 10^6 = \frac{16 \cdot 10^8}{\Delta t}$$

$$\boxed{\Delta t = 2{,}0 \cdot 10^2\ \text{s}}$$

b) A força horizontal aplicada pelos trilhos fará o papel de resultante centrípeta:

$$F_h = F_{cp} = \frac{m\ v^2}{R}$$

$$F_h = \frac{500 \cdot 10^3 \cdot (80)^2}{5{,}0 \cdot 10^3}\ (\text{N})$$

$$F_h = 64 \cdot 10^4\ \text{N}$$

$$\boxed{F_h = 6{,}4 \cdot 10^5\ \text{N}}$$

Essa força total horizontal é aplicada nas 80 rodas e, portanto, a força horizontal, em cada roda, é dada por:

$$F_1 = \frac{F_h}{80} = \frac{640}{80} \cdot 10^3\ \text{N}$$

$$\boxed{F_1 = 8{,}0 \cdot 10^3\ \text{N} = 8{,}0\ \text{kN}}$$

c) Da expressão da potência instantânea, temos:

$$\text{Pot} = F\ V$$

$$8{,}0 \cdot 10^6 = F \cdot 80$$

$$\boxed{F = 1{,}0 \cdot 10^5\ \text{N}}$$

No instante **T** em que a velocidade tem módulo 80 m/s, o trem começa a frear com uma força de intensidade $F = 1{,}0 \cdot 10^5$ N.

Neste instante **T**, a aceleração tangencial do trem terá módulo **a** dado por:

2ª Lei de Newton:

$$F = m\ a_t$$

$$1{,}0 \cdot 10^5 = 500 \cdot 10^3\ a_t$$

$$\boxed{a_t = 0{,}20\ \text{m/s}^2}$$

Respostas: a) $\Delta t = 2{,}0 \cdot 10^2$ s; b) $F_1 = 8{,}0 \cdot 10^3$ N; c) $a_t = 2{,}0 \cdot 10^{-1}$ m/s²

85.

a) $$\left.\begin{array}{l} 360\ \text{km/h} \rightarrow \pi\text{rad} \\ 270\ \text{km/h} \rightarrow \Delta\varphi \end{array}\right\}\ \Delta\varphi = \frac{3}{4}\ \pi\text{rad}$$

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{\frac{3}{4}\ \pi}{15}\ (\text{rad/s}) \Rightarrow \boxed{\omega = \frac{\pi}{20}\ \text{rad/s}}$$

Nota: Se a aceleração do carro é constante, φ é diretamente proporcional a **t** e ω é constante.

b) $$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{75\ \text{m/s}}{15\ \text{s}} \Rightarrow \boxed{\alpha = 5{,}0\ \text{m/s}^2}$$

c) 2ª Lei de Newton: $F = m\ a = m\ \alpha$

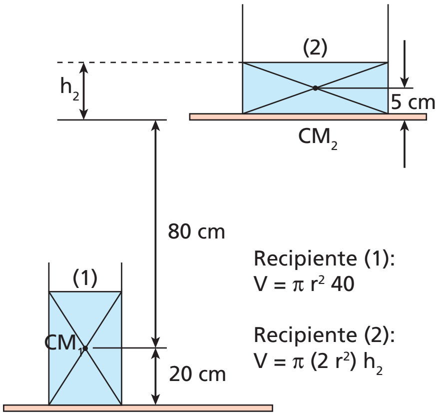
$$F = 800 \cdot 5{,}0 \Rightarrow \boxed{F = 4{,}0\ \text{kN}}$$

d) $$\text{Pot} = F\ v \Rightarrow \text{Pot} = 4{,}0 \cdot \frac{180}{3{,}6}\ (\text{kW})$$

$$\boxed{\text{Pot} = 200\ \text{kW} = 2{,}0 \cdot 10^5\ \text{W}}$$

Respostas: a) $\dfrac{\pi}{20}$ rad/s; b) 5,0 m/s²; c) 4,0 kN; d) $2{,}0 \cdot 10^5$ W

86.



Como os volumes de água nos recipientes (1) e (2) são iguais, temos:

$$\pi\ 4\ r^2\ h_2 = \pi\ r^2\ 40 \Rightarrow \boxed{h_2 = 10\ \text{cm}}$$

$$\tau = m\ g\ \Delta h_{\text{CM}} \Rightarrow \tau = 2{,}0 \cdot 10 \cdot 0{,}85 \Rightarrow \boxed{\tau = 17\ \text{J}}$$

Resposta: 17 J

87.

a) MUV: $v = v_0 + a\,t$

Como, em $t_0 = 0$, $E_{C_0} = 0$, temos $v_0 = 0$. Logo:

$v = a\ t$

$$E_C = \frac{m}{2}\ v^2 \Rightarrow E_C = \frac{m}{2}\ (a\ t)^2$$

Sendo m = 2,0 kg e observando que, em t = 4,0 s, $E_C = 36$ J, vem:

$$36 = \frac{2{,}0}{2}\ a^2\ (4{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{a = 1{,}5\ \text{m/s}^2}$$

2ª Lei de Newton:

$$F = m\ a \Rightarrow F = 2{,}0 \cdot 1{,}5\ (\text{N})$$

$$\boxed{F = 3{,}0\ \text{N}}$$

b) Teorema da Energia Cinética:

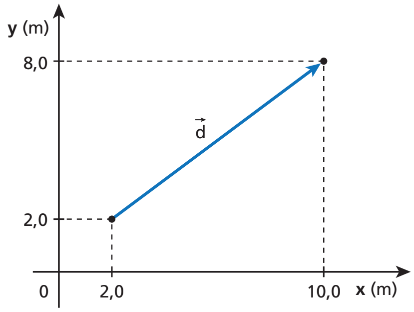
$$\tau = E_{C_f} - E_{C_i} \Rightarrow F\ d = E_{C_f} - E_{C_i}$$

$$3{,}0\ d = 36 - 9{,}0 \Rightarrow \boxed{d = 9{,}0\ \text{m}}$$

Respostas: a) 3,0 N; b) 9,0 m

88.

a)



Teorema de Pitágoras:

$$|\vec{d}|^2 = (8{,}0)^2 + (6{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{|\vec{d}| = 10\ \text{m}}$$

b) No intervalo de 1,0 s a 3,0 s, a partícula realiza MUV nas direções 0x e 0y.

$$\Delta x = \frac{a_x}{2} t^2 \Rightarrow 8{,}0 = \frac{a_x}{2} (2{,}0)^2 \Rightarrow a_x = 4{,}0\ \text{m/s}^2$$

$$v_x = v_{0_x} + a_x\ t \Rightarrow v_x = 4{,}0 \cdot 2{,}0\ (\text{m/s})$$

$$v_x = 8{,}0\ \text{m/s}$$

$$\Delta y = \frac{a_y}{2} t^2 \Rightarrow 6{,}0 = \frac{a_y}{2} (2{,}0)^2 \Rightarrow a_y = 3{,}0\ \text{m/s}^2$$

$$v_y = v_{0_y} + a_y\ t \Rightarrow v_y = 3{,}0 \cdot 2{,}0\ (\text{m/s})$$

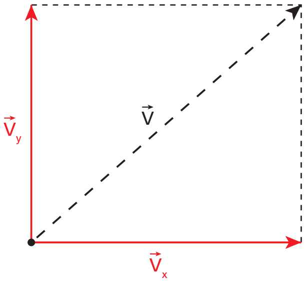
$$v_y = 6{,}0\ \text{m/s}$$

Teorema de Pitágoras:

$$v^2 = v_x^{\,2} + v_y^{\,2}$$

$$v^2 = (8{,}0)^2 + (6{,}0)^2$$

$$v = 10\ \text{m/s}$$



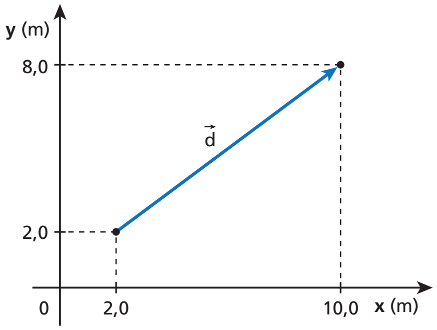
Teorema da Energia Cinética:

$$\tau = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^{\,2}}{2} \Rightarrow \tau = \frac{8{,}0\,(10)^2}{2}\ (\text{J})$$

$$\boxed{\tau = 4{,}0 \cdot 10^2\ \text{J}}$$

$$\tau = F\ d\ \cos 0° \Rightarrow 4{,}0 \cdot 10^2 = F\ 10 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{F = 40\ \text{N}}$$

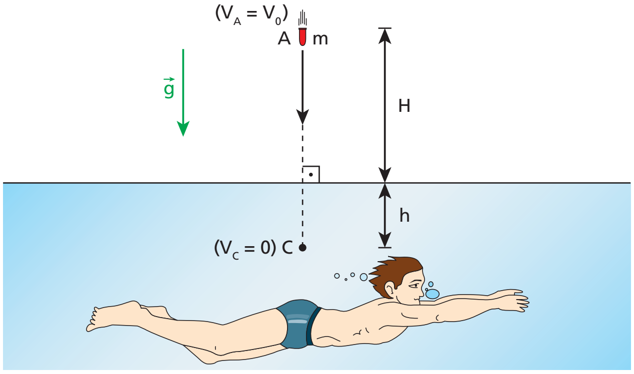
Respostas: a)



$$|\vec{d}| = 10\ \text{m}$$

b) $4{,}0 \cdot 10^2$ J e 40 N

89.



Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\text{total}} = \frac{m\,v_C^{\,2}}{2} - \frac{m\,v_A^{\,2}}{2}$$

$$\tau_{\vec{P}_{A\to C}} + \tau_{\vec{F}_{C_{B\to C}}} = 0 - \frac{m\,v_0^{\,2}}{2}$$

$$m\,g\,(H + h) - 3\,m\,g\,h = -\frac{m\,v_0^{\,2}}{2}$$

$$g\,H + g\,h - 3\,g\,h = -\frac{v_0^{\,2}}{2}$$

$$-2\,g\,h = -\frac{v_0^{\,2}}{2} - g\,H$$

Da qual: $\boxed{h = \frac{v_0^{\,2}}{4\,g} + \frac{H}{2}}$

A profundidade de segurança é **p**, tal que:

$$p > h \Rightarrow \boxed{p > \frac{v_0^{\,2}}{4\,g} + \frac{H}{2}}$$

Resposta: $p > \frac{v_0^{\,2}}{4\,g} + \frac{H}{2}$

90.

As duas freadas podem ser estudadas aplicando-se o Teorema da Energia Cinética.

$$\tau = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^{\,2}}{2} \Rightarrow F\,d\cos 180° = 0 - \frac{m\,v_0^{\,2}}{2}$$

$$-F\,d = -\frac{m\,v_0^{\,2}}{2} \Rightarrow \boxed{F = \frac{m\,v_0^{\,2}}{2d}}$$

$$\left.\begin{aligned} F_1 &= \frac{m\,v_0^{\,2}}{2 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-3}} \\ F_2 &= \frac{m\,v_0^{\,2}}{2 \cdot 1{,}0} \end{aligned}\right\} \frac{F_1}{F_2} = \frac{m\,v_0^{\,2}}{2 \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{2 \cdot 1{,}0}{m\,v_0^{\,2}}$$

Da qual: $\boxed{\frac{F_1}{F_2} = 200}$

Resposta: e

91.

Providência 1:

Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^{\,2}}{2}$$

$$F_{at}\,d\cos 180° = 0 - \frac{m\,v_0^{\,2}}{2} \Rightarrow -\mu_c\,m\,g\,d = -\frac{m\,v_0^{\,2}}{2}$$

Da qual: $\boxed{\mu_c = \frac{v_0^{\,2}}{2\,g\,d}}$

Providência 2: $F_{at} \leqslant F_{at_d} \Rightarrow F_{cp} \leqslant \mu_e\,Fn$

Derrapagem iminente: $\frac{m\,v_0^{\,2}}{d} = \mu_e\,m\,g$

Da qual: $\boxed{\mu_e = \frac{v_0^{\,2}}{g\,d}}$

Logo: $\frac{\mu_c}{\mu_e} = \frac{v_0^{\,2}}{2\,g\,d} \cdot \frac{g\,d}{v_0^{\,2}}$

Da qual: $\boxed{\frac{\mu_c}{\mu_e} = \frac{1}{2}}$

Resposta: $\frac{\mu_c}{\mu_e} = \frac{1}{2}$

92.

a) A variação x do comprimento do elástico (distensão) é dada por:

$x = 2\pi R - 2\pi R_0 \Rightarrow x = 2 \cdot 3\,(0{,}12 - 0{,}10) \Rightarrow \boxed{x = 0{,}12\text{ m}}$

O trabalho das forças elásticas sobre a melancia é resistente e, portanto, negativo, sendo calculado por:

$$\tau_E = -\frac{k\,x^2}{2} \Rightarrow \tau_E = -\frac{5{,}0 \cdot 10^2\,(0{,}12)^2}{2}\ \text{(J)}$$

Da qual: $\boxed{\tau_E = -3{,}6\text{ J}}$

b) Devido à conservação da energia, o trabalho das forças aplicadas pela fruta sobre o elástico (τ) tem módulo igual ao de τ_E.

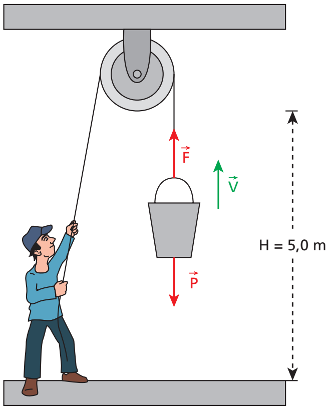
$$|\tau| = |\tau_E| \Rightarrow |\vec{F}_m| \cdot d = |\tau_E| \Rightarrow |\vec{F}_m|\,(R - R_0) = |\tau_E|$$

$$|\vec{F}_m|\,(0{,}12 - 0{,}10) = 3{,}6 \Rightarrow \boxed{|\vec{F}_m| = 180\text{ N}}$$

c) Devido à simetria, as forças exercidas pela melancia sobre o elástico anulam-se duas a duas, de maneira que a força resultante da fruta sobre o elástico tem módulo nulo.

Respostas: a) −3,6 J; b) 180 N; c) Módulo nulo.

93.



(I) A massa de água remanescente no balde é dada em função do tempo por:

$m_A = m_0 - Z\,t$

$\boxed{m_A = 20 - 0{,}08\,t}$ (SI)

(II) O peso do conjunto balde-água tem intensidade decrescente em função do tempo, conforme a expressão:

$P = (m_A + m_B)\,g \Rightarrow P = (20 - 0{,}08t + 0{,}8)\,10$

Donde: $\boxed{P = 208 - 0{,}8\,t}$ (SI)

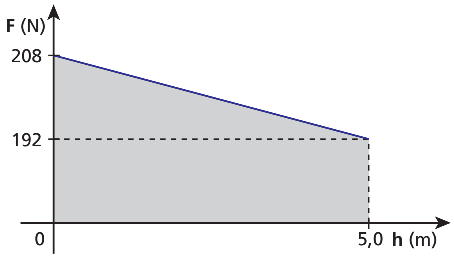
(III) MRU: $\boxed{F = P}$ e $t = \frac{h}{v} = \frac{h}{\frac{H}{T}} = \frac{20}{5{,}0}h$

Da qual: $\boxed{t = 4{,}0\text{ h}}$

Assim: $F = 208 - 0{,}8 \cdot 4{,}0\text{ h}$

$\boxed{F = 208 - 3{,}2\text{ h}}$ (SI)

(IV) Gráfico F = f(h):



a) $\tau_{(\vec{F})} = \text{“área”} \Rightarrow \tau_{(\vec{F})} = \frac{(208 + 192)5{,}0}{2}$ (J)

$\boxed{\tau_{(\vec{F})} = 1\,000\text{ J} = 1{,}0\text{ kJ}}$

b) Em t = 10 s:

$P = 208 - 0{,}8 \cdot 10 \Rightarrow P = 200\text{ N}$

Logo: $\boxed{F = P = 200\text{ N}}$

$Pot = F\,V\cos\theta$

$(\theta = 0°\ \text{e}\ \cos\theta = 1)$

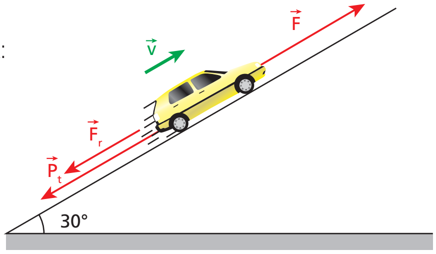
$Pot = F \cdot \frac{H}{T} \Rightarrow Pot = 200 \cdot \frac{5{,}0}{20}$ (W)

$\boxed{Pot = 50\text{ W}}$

Respostas: a) 1,0 kJ; b) 50 W

94.

(I) Subida:

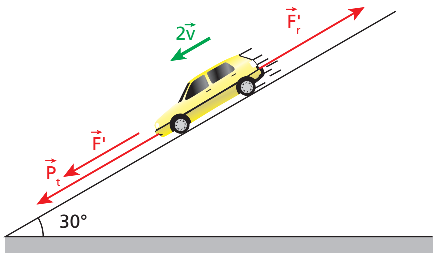


$F = F_r + P\ \text{sen}\ 30°$

$F = \frac{P}{4} + \frac{P}{2} \Rightarrow F = \frac{3\,P}{4}$

$Pot = F\ v \Rightarrow \boxed{Pot = \frac{3\,P\,v}{4}}$

(II) Descida:



$$F' = 4\,F_r = \frac{4\,P}{4} = P$$

$$F' = F'_r - P\ \text{sen}\,30°$$

$$F' = P - \frac{P}{2} \Rightarrow F' = \frac{P}{2}$$

$$Pot' = F'\,2\,v \Rightarrow Pot' = \frac{P}{2}\,2\,v$$

$$\boxed{Pot' = P\ v}$$

$$\frac{Pot}{Pot'} = \frac{\frac{3\,P\,v}{4}}{P\,v} \Rightarrow \boxed{\frac{Pot}{Pot'} = \frac{3}{4}}$$

Resposta: $\frac{3}{4}$

Tópico 7 – Energia mecânica e sua conservação

Página 329

1.

(I) $v = 10\,800\ \frac{km}{h} = \frac{10\,800}{3{,}6}\ \frac{m}{s} \Rightarrow \boxed{v = 3{,}0 \cdot 10^3\ m/s}$

(II) $E_C = \frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow E_C = \frac{1{,}0 \cdot 10^3 \cdot (3{,}0 \cdot 10^3)^2}{2}$ (J)

$$\boxed{E_C = 4{,}5 \cdot 10^{11}\ J}$$

Resposta: $4{,}5 \cdot 10^{11}$ J

2.

(I) Em $t = 10$ s: $v = 3{,}0 + 0{,}20\ (10)$ (m/s)

$$\boxed{v = 5{,}0\ m/s}$$

(II) $E_C = \frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow E_C = \frac{20\ (5{,}0)^2}{2}$ (J)

$$\boxed{E_C = 2{,}5 \cdot 10^2\ J}$$

Resposta: d

4.

$$E_C = \frac{m\,v^2}{2}$$

$$E_A = \frac{M\,v^2}{2};\ E_B = \frac{\frac{M}{2}(2v)^2}{2} = 2\frac{M\,v^2}{2}$$

$$E_C = \frac{2M\left(\frac{v}{2}\right)^2}{2} = \frac{1}{2}\ \frac{M\,v^2}{2}$$

Comparando-se os resultados, conclui-se:

$$\boxed{E_B = 2E_A = 4E_C}$$

Resposta: c

5.

$E_p = m\,g\,h \Rightarrow E_p = 75 \cdot 10 \cdot 2{,}0$ (J)

$$\boxed{E_p = 1{,}5 \cdot 10^3\ J}$$

Resposta: $1{,}5 \cdot 10^3$ J

6.

a) O centro de massa da esfera coincide com a superfície livre da água, por isso, em relação a essa superfície, a energia potencial de gravidade da esfera é nula.

b) $E_p = m\,g\,h \Rightarrow E_p = 1{,}0 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}50$ (J)

$$\boxed{E_p = 4{,}9\ J}$$

Respostas: a) Energia nula; b) 4,9 J

7.

$E_p = m\,g\,h \Rightarrow E_p = 2{,}0 \cdot 10\ (-10)$ (J)

$$\boxed{E_p = -\,2{,}0 \cdot 10^2\ J}$$

Resposta: a

8.

(I) $v = 72\ \frac{km}{h} = \frac{72}{3{,}6}\ \frac{m}{s} = 20\ \frac{m}{s}$

$$E_C = \frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow E_C = \frac{0{,}40(20)^2}{2}\ (J)$$

$$\boxed{E_c = 80\ J}$$

(II) $E_p = m\,g\,h \Rightarrow E_p = 0{,}40 \cdot 10 \cdot 10$ (J)

$$\boxed{E_p = 40\ J}$$

Resposta: b

9.

(I) $F = k\,\Delta x$ (Lei de Hooke)

$800 = k\ 0{,}10 \Rightarrow \boxed{k = 8{,}0 \cdot 10^3\ N/m}$

(II) $E_e = \frac{k(\Delta x)^2}{2} = \frac{8{,}0 \cdot 10^3\,(4{,}0 \cdot 10^{-2})^2}{2}$ (J)

$$\boxed{E_e = 6{,}4\ J}$$

Resposta: 6,4 J

10.

a) A energia cinética é uma grandeza essencialmente positiva.

b) $E_C = \frac{m\,v^2}{2}$

c) A energia cinética, bem como qualquer outro tipo de energia, é grandeza escalar.

Resposta: b

11.

$$\text{(I) } E_0 = \frac{m\,{v_0}^2}{2}$$

$$\text{(II) } E_1 = \frac{m\,(1{,}2\,{v_0}^2)}{2}$$

$$E_1 = 1{,}44\,\frac{m\,{v_0}^2}{2}$$

Logo: $\boxed{E_1 = 1{,}44\,E_0}$

Resposta: b

12.

$$E_C = \frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow E_C = \frac{10^{24}\,(3{,}0 \cdot 10^4)^2}{2} \text{ (J)}$$

$\boxed{E_c = 4{,}5 \cdot 10^{32}\text{ J}}$

A ordem de grandeza do resultado (potência de 10 que mais se aproxima) é: 10^{33} J.

Resposta: b

13.

$$E_C = \frac{m\,v^2}{2} \qquad \text{(I)}$$

MUV: $v = v_0 + a\,t$

Considerando que em $t_0 = 0$, tem-se $E_C = 0$ e $v_0 = 0$, vem:

$v = a\,t \qquad$ (II)

(II) em (I):

$$E_C = \frac{m}{2}\,(a\,t)^2 \Rightarrow E_C = \frac{m\,a^2}{2}\,t^2$$

Do gráfico, para $t^2 = 4{,}0$ s, temos $E_C = 36$ J. Logo:

$$36 = \frac{2{,}0 \cdot a^2}{2}\,4{,}0 \Rightarrow a = 3{,}0\text{ m/s}^2$$

2ª Lei de Newton:

$F = m\,a$

$F = 2{,}0 \cdot 3{,}0 \Rightarrow \boxed{F = 6{,}0\text{ N}}$

Resposta: c

14. O elevador sobe quatro andares e, por isso, a altura de seu piso, medida a partir do solo, sofre um acréscimo $\Delta h \cong 4 \cdot 3$ (m) $= 12$ m; logo:

$\Delta E_p = m\,g\,\Delta h$

$\Delta E_p = 2{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 12$ (J)

$\boxed{\Delta E_p = 2{,}4 \cdot 10^5\text{ J}}$

A ordem de grandeza do resultado (potência de 10 que mais se aproxima) é: 10^5 J.

Resposta: b

16.

$E_{p_i} - E_{p_f} = E_{dis} \Rightarrow m\,g\,(h_i - h_f) = E_{dis}$

$1{,}0 \cdot 10\,(10 - h_f) = 28$

Da qual: $\boxed{h_f = 7{,}2\text{ m}}$

Resposta: a

17.

a) $F = K\,\Delta x$ (Lei de Hooke)

$500 = K\,0{,}10$

$\boxed{K = 5{,}0 \cdot 10^3\text{ N/m}}$

b) $F = K\,\Delta x$

$F = 5{,}0 \cdot 10^3 \cdot 6{,}0 \cdot 10^{-2}$ (N)

$\boxed{F = 300\text{ N}}$

c) $$E_e = \frac{k \cdot (\Delta x)^2}{2}$$

$$E_e = \frac{5{,}0 \cdot 10^3 \cdot (4{,}0 \cdot 10^{-2})^2}{2} \text{ (J)}$$

$\boxed{E_e = 4{,}0\text{ J}}$

Respostas: a) $5{,}0 \cdot 10^3$ N/m; b) 300 N; c) 4,0 J

19. No equilíbrio: $F_e = P \Rightarrow K\,\Delta x = m\,g$

$$\Delta x = \frac{m\,g}{K} \qquad \text{(I)}$$

$$U = \frac{K\,(\Delta x)^2}{2} \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (I) em (II):

$$U = \frac{m^2\,g^2}{2\,K}$$

$$\text{2ª situação: } U_2 = \frac{(4{,}0)^2\,g^2}{2 \cdot K}$$

$$\text{1ª situação: } 2{,}0 = \frac{(2{,}0)^2\,g^2}{2\,K}$$

Disso, resulta:

$$\frac{U_2}{2{,}0} = \left(\frac{4{,}0}{2{,}0}\right)^2 \Rightarrow \boxed{U_2 = 8{,}0\text{ J}}$$

Resposta: $U_2 = 8{,}0$ J

Página 335

20.

$$E_m = E_c + E_e \Rightarrow E_m = \frac{m\,v^2}{2} + \frac{K\,(\Delta x)^2}{2}$$

$$E_m = \frac{1{,}0\,(2{,}0)^2}{2} + \frac{2{,}0 \cdot 10^3\,(0{,}10)^2}{2} \text{ (J)}$$

$E_m = 2{,}0 + 10{,}0 \Rightarrow \boxed{E_m = 12{,}0\text{ J}}$

Resposta: 12,0 J

21.

(I) Correta

(II) Incorreta

A força de resistência exercida pelo ar dissipa parte da energia mecânica do sistema, transformando-a principalmente em energia térmica.

(III) Correta

Resposta: d

23.

$E_c + E_p = E_m$

a) Para x = 1,0 m: $0 + E_p = 400 \Rightarrow \boxed{E_p = 400\ \text{J}}$

Para x = 4,0 m: $400 + E_p = 400 \Rightarrow \boxed{E_p = 0}$

b) Para x = 8,0 m: $E_c = 200$ J

$$E_C = \frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow 200 = \frac{10 \cdot 10^{-3}\ v^2}{2} \Rightarrow \boxed{v = 200\ \text{m/s}}$$

Respostas: a) Respectivamente, 400 J e zero; b) 200 m/s

24.

(I) Posição A: $E_{C_A} + E_{P_A} = E_{m_A} \Rightarrow E_{C_A} + 800 = 1\,000$

$$\boxed{E_{C_A} = 200\ \text{J}}$$

(II) Posição B: $E_{m_B} = E_{m_A} \Rightarrow \boxed{E_{m_B} = 1\,000\ \text{J}}$

$$E_{C_B} + E_{P_B} = E_{m_B} \Rightarrow 600 + E_{P_B} = 1\,000$$

$$\boxed{E_{P_B} = 400\ \text{J}}$$

Resposta: b

25.

$E_{m_i} = E_{m_f} \Rightarrow m\,g\,h = E_C$

$2{,}0 \cdot 10h = 150 \Rightarrow \boxed{h = 7{,}5\ \text{m}}$

Resposta: e

27.

$$E_{m_i} = E_{m_f} \Rightarrow m\,g\,h = \frac{m\,v^2}{2}$$

$$9{,}8h = \frac{(28)^2}{2} \Rightarrow \boxed{h = 40\ \text{m}}$$

Resposta: a

28.

(I) Figura 1: $\frac{m\,v_1^{\,2}}{2} = m\,g\,h \Rightarrow \boxed{V_1 = \sqrt{2\,g\,h}}$

$$\text{MUV: } h = \frac{g}{2} t_1^{\,2} \Rightarrow \boxed{t_1 = \sqrt{\frac{2\,h}{g}}}$$

(II) Figura 2: $\frac{m\,v_2^{\,2}}{2} = m\,g\,h$

$$\boxed{V_2 = \sqrt{2\,g\,h}}$$

$$\text{MUV: } \frac{h}{\text{sen}\,\theta} = \frac{g\ \text{sen}\,\theta}{2}\, t_2^{\,2} \Rightarrow \boxed{t_2 = \frac{1}{\text{sen}\,\theta}\sqrt{\frac{2\,h}{g}}}$$

(III) Comparando-se os resultados, conclui-se que: $\boxed{t_1 < t_2 \text{ e } v_1 = v_2}$

Resposta: b

29.

a) $E_{m_B} = E_{m_A}$ (Referencial em **B**):

$$E_{C_B} = mg\,(h_A - h_B) \Rightarrow E_{C_B} = 30 \cdot 10 \left(20 - \frac{20}{3}\right) (\text{J})$$

Da qual: $\boxed{E_{C_B} = 4{,}0 \cdot 10^3\ \text{J}}$

b) $E_{m_C} = E_{m_A}$ (Referencial em **C**):

$$\frac{mv_C^{\,2}}{2} = m\,g\,h_A \Rightarrow v_C = \sqrt{2\,g\,h_A}$$

$$v_C = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 20} \Rightarrow \boxed{v_C = 20\ \text{m/s}}$$

Respostas: a) $4{,}0 \cdot 10^3$ J; b) 20 m/s

30.

a) $E_{m_B} = E_{m_A}$ (Referencial em **B**):

$$\frac{mv_B^{\,2}}{2} = m\,g\,h_A \Rightarrow v_B = \sqrt{2\,g\,h_A}$$

$$v_B = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5{,}0} \Rightarrow \boxed{V_B = 10\ \text{m/s}}$$

b) $E_{m_C} = E_{m_A}$ (Referencial em **C**):

$$E_{C_C} = m\,g\,(h_A - h_C) \Rightarrow E_{C_C} = 300 \cdot 10(5{,}0 - 4{,}0)\ (\text{J})$$

$$\boxed{E_{C_C} = 3{,}0 \cdot 10^3\ (\text{J})}$$

Respostas: a) 10 m/s; b) $3{,}0 \cdot 10^3$ J

31.

$E_{m_B} = E_{m_A}$ (Referencial em **A**):

$$\frac{m\,v_B^{\,2}}{2} + m\,g\,R = \frac{m\,v_A^{\,2}}{2}$$

$$v_B = \sqrt{v_A^{\,2} - 2\,g\,R} \Rightarrow v_B = \sqrt{(6{,}0)^2 - 2 \cdot 10 \cdot 1{,}0}\ (\text{m/s})$$

Da qual: $\boxed{v_B = 4{,}0\ \text{m/s}}$

Resposta: b

33.

a) $E_c = E_e \Rightarrow \frac{m\,v^2}{2} = \frac{K\,(\Delta x)^2}{2}$

$4{,}0\ v^2 = 3{,}6 \cdot 10^3\ (0{,}20)^2 \Rightarrow \boxed{v = 6{,}0\ \text{m/s}}$

b) $E_p = E_c \Rightarrow m\,g\,h = \frac{m\,v^2}{2}$

$$10h = \frac{(6{,}0)^2}{2} \Rightarrow \boxed{h = 1{,}8\ \text{m}}$$

Respostas: a) 6,0 m/s; b) 1,8 m

34.

a) $\tau \overset{n}{=} (\text{área})_{F \times x} = \frac{6{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 100}{2}\ (\text{J})$

$$\boxed{\tau = 3{,}0\ \text{J}}$$

b) Conservação da energia mecânica:

$E_{n_f} = E_{m_i}$

$m\,g\,h = \tau$

$60 \cdot 10^{-3} \cdot 10h = 3{,}0$

Da qual: $\boxed{h = 5{,}0\ \text{m}}$

Respostas: a) 3,0 J; b) 5,0 m

35.

$E_p = E_e$ (Referencial no aparador da mola):

$$mgh = \frac{K(\Delta x)^2}{2} \Rightarrow \boxed{h = \frac{K(\Delta x)^2}{2\,m\,g}}$$

2º caso: $h_2 = \frac{K(10)^2}{2\,m\,g}$ (I)

1º caso: $100 = \frac{K(5)^2}{2\,m\,g}$ (II)

Dividindo-se as equações I e II, vem:

$$\frac{h_2}{100} = \left(\frac{10}{5}\right)^2 \Rightarrow \boxed{h_2 = 400\text{ mm}}$$

Resposta: a

37.

$E_{m_B} + E_{dis} = E_{m_A} \Rightarrow m\,g\,h + E_{dis} = m\,g\,h_A$

$6,50 \cdot 10^3 h + 4,55 \cdot 10^4 = 6,50 \cdot 10^3 \cdot 20,0$

$6,50 \cdot 10^3 h = 8,45 \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{h = 13,0\text{ m}}$

Resposta: h = 13,0 m

38.

(I) Incorreta

(II) Incorreta

A energia cinética é constante, mas a energia potencial pode ser variável, variando a energia mecânica.

(III) Incorreta

Resposta: b

39.

a) Para x = 50 m, tem-se $E_p = 3,0 \cdot 10^3$ J.

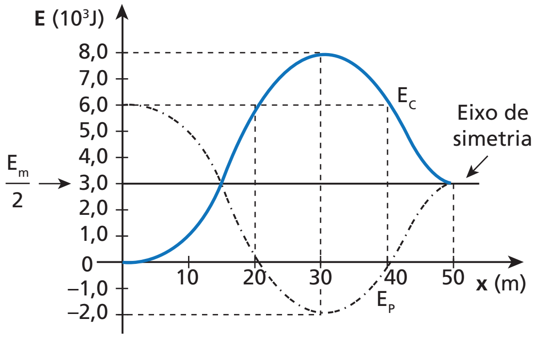
$E_p = m\,g\,h \Rightarrow 3,0 \cdot 10^3 = 60 \cdot 10\,h$

$\boxed{h = 5,0\text{ m}}$

$E_C + E_p = E_m \Rightarrow \frac{60\,v^2}{2} + 3,0 \cdot 10^3 = 6,0 \cdot 10^3$

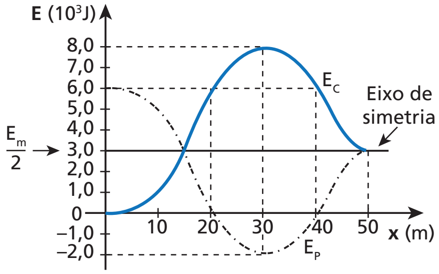
$\boxed{v = 10\text{ m/s}}$

b)



Respostas: a) 5,0 m e 10 m/s

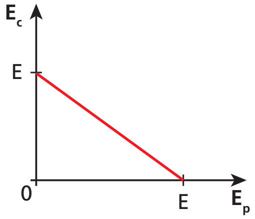
b)



40.

$E_c + E_p = E$ (constante)

Logo: $\boxed{E_c = E - E_p}$ (Função do 1º grau)



Resposta: e

41.

Conforme o texto, a energia mecânica associada ao *tsunami* se conserva.

Logo:

$E_{raso} = E_{fundo}$

$(kVA^2)_{raso} = (kVA^2)_{fundo}$

$\left(\sqrt{h\,g}\,A^2\right)_{raso} = \left(\sqrt{h\,g}\,A^2\right)_{fundo}$

$$\left(\frac{A_{raso}}{A_{fundo}}\right)^2 = \sqrt{\frac{h_{fundo}}{h_{raso}}}$$

$$\left(\frac{A_{raso}}{2,0}\right)^2 = \sqrt{\frac{6\,250}{10,0}}$$

Da qual:

$\boxed{A_{raso} = 10,0\text{ m}}$

Resposta: c

42.

a) $E_m = \frac{m\,v_A^2}{2} = \frac{0,40\,(10)^2}{2}$ (J)

$\boxed{E_m = 20\text{ J}}$

b) $\frac{m\,v_B^2}{2} + m\,g\,h_B = E_m$

$\frac{0,40\,v_B^2}{2} + 0,40 \cdot 10 \cdot 3,2 = 20$

$0,20\,v_B^2 = 7,2$

Da qual: $\boxed{v_B = 6,0\text{ m/s}}$

Respostas: a) 20 J; b) 6,0 m/s

43.

(I)

$E_{C_B} + E_{P_B} = E_{C_A} + E_{P_A}$

$\frac{m\,v_B^2}{2} + m\,g\,\frac{3}{4}\,h = \frac{m\,v_0^2}{2} + m\,g\,h$

Da qual: $\boxed{v_B = \sqrt{v_0^2 + \frac{1}{2}\,g\,h}}$

(II)

$E_{C_C} = E_{C_A} + E_{P_A} \Rightarrow \frac{m\,v_C^2}{2} = \frac{m\,v_0^2}{2} + m\,g\,h$

Logo: $\boxed{v_C = \sqrt{v_0^2 + 2\,g\,h}}$

Resposta:

$$v_B = \sqrt{v_0^2 + \frac{g\,h}{2}}$$

$$v_C = \sqrt{v_0^2 + 2\,g\,h}$$

44.

$E_{C_p} + E_{P_p} = E_{C_Q} + E_{P_Q}$

Referencial em P:

$$\frac{m\,v_0^2}{2} = m\,g\,(h_Q - h_p) \Rightarrow \frac{v_0^2}{2} = 10\,(8{,}0 - 4{,}8)$$

Assim: $\boxed{v_0 = 8{,}0 \text{ m/s}}$

Resposta: $v_0 = 8{,}0$ m/s

45.

a) $\boxed{E_{P_B} = -m\,g\,h}$

b) $E_{C_B} + E_{P_B} = E_{C_A} + E_{P_A}$

Referencial em **C**:

$$\frac{m\,v_B^2}{2} - m\,g\,h = m\,g\,3\,h \Rightarrow v_B = \sqrt{8\,g\,h}$$

$E_{C_C} + E_{P_C} = E_{C_A} + E_{P_A}$

$$\frac{m\,v_C^2}{2} = m\,g\,3\,h \Rightarrow v_C = \sqrt{6\,g\,h}$$

Logo:

$$\frac{v_B}{v_C} = \frac{\sqrt{8\,g\,h}}{\sqrt{6\,g\,h}} \Rightarrow \boxed{\frac{v_B}{v_C} = \frac{2\sqrt{3}}{3}}$$

Respostas:

a) $-m\,g\,h$; b) $\frac{v_B}{v_C} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$

46.

(I) $E_{m_A} = E_{m_B}$

Referencial em A:

$$\frac{m\,v_0^2}{2} = \frac{m}{2}\left(\frac{v_0}{2}\right)^2 + m\,g\,a$$

Logo: $v_0^2 = \frac{8\,g\,a}{3}$ (I)

(II) $E_{m_A} = E_{m_C}$

Referencial em **C**:

$$m\,g\,4\,a + \frac{m\,v_0^2}{2} = \frac{m\,v_C^2}{2}$$

Da qual: $v_0^2 = v_C^2 - 8\,g\,a$ (II)

Comparando (I) em (II), vem:

$$v_C^2 - 8\,g\,a = \frac{8\,g\,a}{3}$$

Logo: $v_C^2 = \frac{32\,g\,a}{3}$ (III)

De (III) e (I), segue que:

$$\left(\frac{v_C}{v_0}\right)^2 = \frac{32\,g\,a}{3} \cdot \frac{3}{8\,g\,a}$$

$$\left(\frac{v_C}{v_0}\right)^2 = 4 \Rightarrow v_C = 2\,v_0$$

$v_C = 2 \cdot 17$ (m/s)

$\boxed{v_C = 34 \text{ m/s}}$

Resposta: 34 m/s

48.

Analisemos o voo balístico da bolinha de **B** para **C**:

Movimento vertical: MUV

$$\Delta y = v_{0_y}\,t + \frac{\alpha_y}{2}\,t^2 \Rightarrow 3{,}20 = \frac{g}{2}\,t_{AC}^2 \Rightarrow t_{AC} = \sqrt{\frac{6{,}40}{g}}$$

Movimento na horizontal: MU

$$\Delta x = v_B\,t \Rightarrow 4{,}00 = v_B\sqrt{\frac{6{,}40}{g}} \Rightarrow v_B^2 = 2{,}5\,g$$

Trecho AB:

$E_{C_A} + E_{P_A} = E_{C_B} + E_{P_B}$

Referencial em B:

$$m\,g\,h = \frac{m\,v_B^2}{2} \Rightarrow g\,h = \frac{2{,}5\,g}{2} \Rightarrow \boxed{h = 1{,}25 \text{ m}}$$

Resposta: a

49.

(I) Cálculo do tempo de voo de **B** para **P**:

Movimento vertical: MUV

$$\Delta y = v_{0_y}\,t + \frac{\alpha_y}{2}\,t^2$$

$$R = \frac{g}{2}\,t_{BP}^2 \Rightarrow \boxed{t_{BP} = \sqrt{\frac{2\,R}{g}}}$$

(II) Cálculo da intensidade da velocidade em **B**:

Movimento horizontal: MU

$$\Delta x = v_B\,t \Rightarrow 2\,R = v_B\sqrt{\frac{2\,R}{g}} \Rightarrow v_B^2 = 2\,g\,R \qquad \text{(I)}$$

(III) Cálculo de v_0:

$E_{m_A} = E_{m_B}$

Referencial em **A**:

$$\frac{m\,v_0^2}{2} = \frac{m\,v_B^2}{2} + m\,g\,R$$

(II) $v_0^2 = v_B^2 + 2\,g\,R$

Substituindo (I) em (II):

$$v_0^2 = 2\,g\,R + 2\,g\,R \Rightarrow \boxed{v_0 = 2\sqrt{g\,R}}$$

Resposta: $2\sqrt{g\,R}$

50.

a) Movimentos de **A** e **B** na vertical: MUV

$$\Delta y = v_{0_y}\,t + \frac{\alpha_y}{2}\,t^2 \Rightarrow H = \frac{g}{2}\,T^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2\,H}{g}}$$

Logo:

$$\boxed{T_A = T_B = \sqrt{\frac{2\,H}{g}}}$$

Como o giz **C** sobe para depois descer, tem-se:

$$\boxed{T_A = T_B < T_C}$$

b) (I) Queda livre de **A**:

$$E_{m_f} = E_{m_i}$$

$$\frac{m\,v^2}{2} = m\,g\,H$$

$$\boxed{v = \sqrt{2\,g\,h}} \qquad \text{(I)}$$

(II) Voos balísticos de **B** e **C**:

$$E_{m_f} = E_{m_i}$$

$$\frac{m\,v^2}{2} = \frac{m\,v_0^2}{2} + m\,g\,H$$

Da qual: $\boxed{v = \sqrt{v_0^2 + 2\,g\,H}} \qquad \text{(II)}$

Comparando (I) e (II), conclui-se que:

$$\boxed{V_A < V_B = V_C}$$

Respostas: a) $T_A = T_B < T_C$; b) $v_A < v_B = v_C$

51.

a) Incorreta.
O tempo de queda só depende do movimento vertical, que é diferente para os três objetos, pois $\vec{v}_{0y}$ é diferente nos três casos.

$$\boxed{T_A > T_B > T_C}$$

b) Incorreta.
Por causa da conservação da energia mecânica, os três objetos, que têm massas iguais, atingem o solo com energias cinéticas iguais.

c) Incorreta.
Os alcances horizontais são diferentes.

d) Correta.
Nos três casos: $E_{m_f} = E_{m_i}$

Referencial no solo:

$$\frac{m\,v^2}{2} = \frac{m\,v_0^2}{2} + m\,g$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2\,g\,H}$$

$$v = \sqrt{(10)^2 + 2 \cdot 10 \cdot 315}\ \text{(m/s)}$$

Logo: $\boxed{v = 80\ \text{m/s} = 288\ \text{km/h}}$

e) Incorreta.
As velocidades de impacto dos objetos contra o solo são diferentes, pois, embora tenham módulos iguais (288 km/h), têm direções diferentes.

Resposta: d

52.

$$E_{m_0} = E_{m_P}$$

$$\frac{K\,x^2}{2} = \frac{m\,v_P^2}{2} + m\,g\,h$$

$$\frac{K\,x^2}{2} = 0{,}75\,\frac{K\,x^2}{2} + m\,g\,h$$

$$0{,}25 \cdot \frac{K\,x^2}{2} = m\,g\,h \Rightarrow x = \sqrt{\frac{8\,m\,g\,h}{K}}$$

$$x = \sqrt{\frac{8 \cdot 0{,}60 \cdot 10{,}0 \cdot 0{,}60}{2{,}0 \cdot 10^3}}\ \text{(m)}$$

$$\boxed{x = 0{,}12\ \text{m} = 12{,}0\ \text{cm}}$$

Resposta: b

54.

$$E_{m_f} = E_{m_i}$$

Referencial no nível em que a deformação da mola é máxima:

$$\frac{K\,x^2}{2} = m\,g\,(y + x)$$

$$\frac{1{,}0 \cdot 10^2\ x^2}{2} = 1{,}0 \cdot 10\ (6{,}0 + x)$$

Logo: $5{,}0\,x^2 - 1{,}0\,x - 6{,}0 = 0$

Resolvendo-se a equação, obtém-se: $\boxed{x = 1{,}2\ \text{m}}$

Resposta: x = 1,2 m

55.

(I) Em condições ideais a altura **h** que seria atingida pelos confetes fica determinada por: 20% h = 4,0 m ⇒ 0,20 h = 4,0

Da qual: $\boxed{h = 20\ \text{m}}$

(II) Conservação da Energia Mecânica:

$$E_{m_i} = E_{m_f}$$

$$\frac{K(\Delta x)^2}{2} = m\,g\,h$$

$$\frac{K(0{,}20)^2}{2} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 20$$

Da qual: $\boxed{K = 100\ \text{N/m}}$

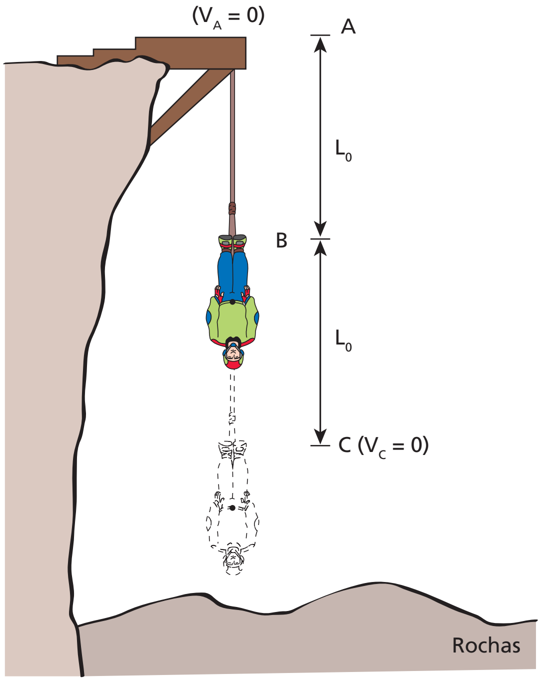
Resposta: e

56.

a) $E_{m_B} = E_{m_A}$

Referencial em B:

$$\frac{m\,v_B^2}{2} = m\,g\,L_0$$



$$L_0 = \frac{v_B^2}{2\,g} \Rightarrow L_0 = \frac{(20)^2}{2 \cdot 10}\ \text{(m)}$$

$$\boxed{L_0 = 20\ \text{m}}$$

b) $E_{m_C} = E_{m_A}$

Referencial em **C**:

$$\frac{K L_0^2}{2} = m g 2 L_0$$

$$K = \frac{4 m g}{L_0} \Rightarrow K = \frac{4 \cdot 80 \cdot 10}{20} \text{ (N/m)}$$

$$\boxed{K = 160 \text{ N/m}}$$

Respostas: a) 20 m; b) 160 N/m

58.

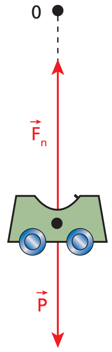
a) $\vec{P}$ = força da gravidade (peso)

$\vec{F}_n$ = força de contato aplicada pela pista na montanha-russa

b) $E_{m_B} = E_{m_A}$

$$\frac{M v_B^2}{2} = M g \frac{R}{2}$$

$$\boxed{v_B^2 = g R} \qquad \text{(I)}$$



No ponto **B**:

$$F_n - P = F_{cp}$$

$$F_n - M g = \frac{M v_B^2}{2} \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (I) em (II):

$$F_n - M g = \frac{M}{R} g R$$

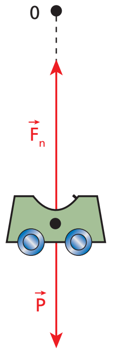
$$F_n = 2 M g$$

$$F_n = 2 \cdot 200 \cdot 10 \text{ (N)}$$

$$\boxed{F_n = 4{,}0 \cdot 10^3 \text{ N} = 4{,}0 \text{ kN}}$$

Respostas:

a)

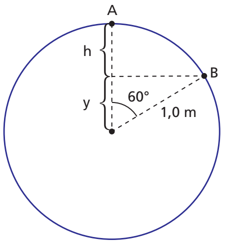


$\vec{P}$ = força da gravidade (peso)

$\vec{F}_n$ = força de contato aplicada pela pista na montanha-russa

b) 4,0 kN

59.



(I)

$y = 1{,}0 \cos 60° \Rightarrow y = 0{,}50$ m

$h = 1{,}0 - y = 1{,}0 - 0{,}50 \Rightarrow h = 0{,}50$ m

(II) Referencial em **B**:

$$E_{C_B} = E_{p_A} \Rightarrow E_{C_B} = m g h$$

$$E_{C_B} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 0{,}50 \text{ (J)}$$

$$\boxed{E_{C_B} = 5{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ J}}$$

Resposta: $5{,}0 \cdot 10^{-2}$ J

60.

a) $E_{m_D} = E_{m_A} \Rightarrow \frac{m v_D^2}{2} + m g 2 R = \frac{K (\Delta x)^2}{2}$

$$20 \cdot 10^{-3} \left(\frac{V_D^2}{2} + 10 \cdot 2 \cdot 1{,}0\right) = \frac{280\,(0{,}10)^2}{2}$$

Assim: $\boxed{v_D = 10 \text{ m/s}}$

b) Ponto **D**:

$$F_n + P = F_{cp} \Rightarrow F_n + m g = \frac{m v_D^2}{R}$$

$$F_n = 20 \cdot 10^{-3} \left(\frac{10^2}{1{,}0} - 10\right) \text{ (N)}$$

$$\boxed{F_n = 1{,}8 \text{ N}}$$

c) Como não há atritos, a força de contato que o trilho exerce sobre a bola é radial à trajetória e dirigida para o centro em cada instante. Por isso, no ponto **C**, a única força tangencial é o peso e, então:

$$\vec{F}_t = \vec{P} \Rightarrow m \vec{a}_t = m \vec{g} \Rightarrow \vec{a}_t = \vec{g}$$

Logo: $\boxed{a_t = 10 \text{ m/s}^2}$

Respostas: a) 10 m/s; b) 1,8 N; c) 10 m/s²

61.

Ponto **B**:

$$a_{cp} = 2 g \Rightarrow \frac{v_B^2}{R} = 2 g \Rightarrow v_B^2 = 2 g R \qquad \text{(I)}$$

$$E_{m_A} = E_{m_B} \Rightarrow m g h_A = \frac{m v_B^2}{2} + m g 2 R \qquad \text{(II)}$$

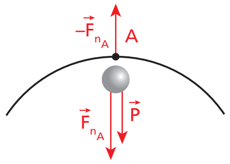
Substituindo (I) em (II):

$$g h_A = \frac{2 g R}{2} + g 2 R \Rightarrow \boxed{h_A = 3 R}$$

Resposta: c

62.

a) Para que a balança indique zero nos instantes em que a esfera passa no ponto **A**, a força de contato trocada entre ela e o aro nesse ponto deve ser vertical e de intensidade igual ao peso do aro.



$$F_{n_A} = P_{aro} = M g$$

$$F_{n_A} = 3{,}0 \cdot 10 \text{ (N)} \Rightarrow \boxed{F_{n_A} = 30 \text{ N}}$$

Ponto **A**:

$$F_{n_A} + P = F_{cp_A}$$

$$F_{n_A} + m g = \frac{m v_A^2}{R} \Rightarrow 30 + 0{,}20 \cdot 10 = \frac{0{,}20\, v_A^2}{0{,}50}$$

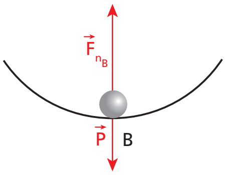
Assim: $v_A^2 = 80$ (m/s)²

Sistema conservativo:

$$\frac{m v_B^2}{2} = \frac{m v_A^2}{2} + m g 2 R$$

$$v_B^2 = 80 + 2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 0{,}50 \Rightarrow \boxed{v_B = 10 \text{ m/s}}$$

b) Ponto **B**:



$$F_{n_B} - P = F_{cp_B}$$

$$F_{n_B} - m g = \frac{m v_B^2}{R}$$

$$F_{n_B} - 0{,}20 \cdot 10 = \frac{0{,}20 \cdot (10)^2}{0{,}50}$$

$$\boxed{F_{n_B} = 42 \text{ N}}$$

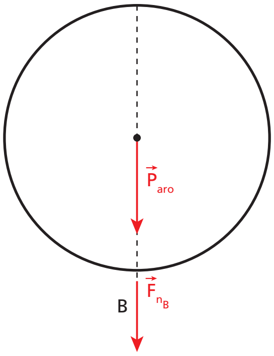
A indicação da balança nos instantes da passagem da esfera no ponto B, (I), corresponde à intensidade da força vertical total transmitida ao aparelho.

$I = P_{aro} + F_{n_B}$

$I = M\,g + F_{n_B}$

$I = 3{,}0 \cdot 10 + 42$ (N)

$\boxed{I = 72\ \text{N}}$



Respostas: a) 10 m/s; b) 72 N

63.

O sistema não é conservativo.

$E_{dis} = E_{m_i} - E_{m_f}$

$$E_{dis} = m\,g\,h - \frac{K\,(\Delta x)^2}{2}$$

$$E_{dis} = 3{,}0 \cdot 10 \cdot 1{,}0 - \frac{1{,}0 \cdot 10^3 \cdot (0{,}20)^2}{2} \text{ (J)}$$

$\boxed{E_{dis} = 10\ \text{J}}$

Resposta: 10 J

Página 346

64.

Deve-se considerar nas duas configurações a posição do centro de massa do sistema.

Considerando-se o plano de apoio como nível de altura zero, tem-se:

(I) Configuração A:

$U_A = 3\,M\,g\,h_A$

$$\boxed{U_A = 3\,m\,g\,\frac{a}{2}}$$

(II) Configuração B:

$U_B = 3\,M\,g\,h_B$

$$\boxed{U_B = 3\,M\,g\,\frac{3a}{2}}$$

(III) $\Delta U = U_B - U_A$

$$\Delta U = 3\,M\,g\,\frac{3a}{2} - 3\,M\,g\,\frac{a}{2}$$

$\Delta U = 3\,M\,g\,a$

Numericamente:

$\Delta U = 3 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10^{-2}$ (J)

$\boxed{\Delta U = 3{,}0 \cdot 10^{-1}\ \text{J}}$

Resposta: $3{,}0 \cdot 10^{-1}$ J

65.

$$\text{Pot} = \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{m\,g\,h + \dfrac{m\,v^2}{2}}{\Delta t}$$

$$\text{Pot} = \frac{\mu\,V\,g\,h}{\Delta t} + \frac{\mu\,V\,v^2}{2\,\Delta t} \Rightarrow \text{Pot} = \mu\,Z\left(g\,h + \frac{v^2}{2}\right)$$

$$\text{Pot} = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot \left(10 \cdot 9{,}2 + \frac{4{,}0^2}{2}\right) \text{ (W)}$$

$\boxed{\text{Pot} = 2{,}0\ \text{kW}}$

Resposta: 2,0 kW

66.

Situação inicial: $E_m = E_{C_i} + E_{p_i}$ (I)

Situação final: $E_m = E_{C_f} + E_{p_f}$ (II)

(II) − (I), vem: $0 = E_{C_f} - E_{C_i} + E_{p_f} - E_{p_i}$

Mas: $\tau_{total} = E_{C_f} - E_{C_i}$

Logo: $0 = \tau_{total} + E_{p_f} - E_{p_i}$

$\boxed{\tau_{total} = -(E_{p_f} - E_{p_i}) = -\,\Delta E_p}$

Resposta: Ver demonstração.

67.

a) No ponto A, a força de tração no fio terá intensidade nula e o peso da esfera fará o papel de resultante centrípeta.

Ponto A: $P = F_{cp_A} \Rightarrow m\,g = \dfrac{m\,v_A^2}{L}$

$v_A^2 = g\,L \qquad$ (I)

$E_{m_B} = E_{m_A} \Rightarrow E_{C_B} = E_{C_A} + E_{p_A}$

$$\frac{m\,v_B^2}{2} = \frac{m\,v_A^2}{2} + m\,g\,2\,L$$

$$\frac{v_B^2}{2} = \frac{v_A^2}{2} + g\,2\,L \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (I) em (II):

$$\frac{v_B^2}{2} = \frac{g\,L}{2} + 2\,g\,L \Rightarrow v_B^2 = 5\,g\,L \qquad \text{(III)}$$

Ponto B: $T_B - P = F_{cp_B} \Rightarrow T_B - m\,g = \dfrac{m\,v_B^2}{L} \qquad$ (IV)

(III) em (IV): $T_B - m\,g = \dfrac{m\,5\,g\,L}{L}$

Assim: $\boxed{T_B = 6\,m\,g}$

b) No ponto A, a velocidade da esfera será praticamente nula.

$E_{m_B} = E_{m_A} \Rightarrow E_{C_B} = E_{P_A}$

$$\frac{m\,v_B^2}{2} = m\,g\,2\,L \Rightarrow v_B^2 = 4\,g\,L \qquad \text{(I)}$$

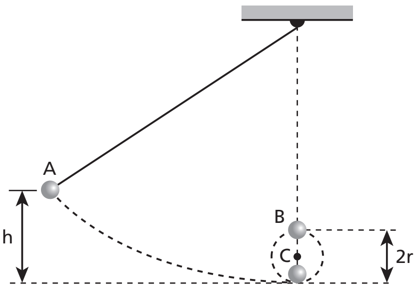
Ponto B: $T_B - P = F_{cp_B} \Rightarrow T_B - m\,g = \dfrac{m\,v_B^2}{L} \qquad$ (II)

Substituindo (I) em (II): $T_B - m\,g = \dfrac{m\,4\,g\,L}{L}$

Logo: $\boxed{T_B = 5\,m\,g}$

Respostas: a) 6 mg; b) 5 mg

68.



(I) No ponto B: $F_{cp_B} = P$

$$\frac{m\,v_B^2}{r} = m\,g \Rightarrow v_B^2 = g\,r \qquad \text{(I)}$$

(II) Sistema conservativo:

$E_{m_A} = E_{m_B}$

Referencial em **B**: $m\,g\,(h - 2\,r) = \dfrac{m\,v_B^2}{2}$

$g\,h - 2\,g\,r = \dfrac{v_B^2}{2}$ (II)

Substituindo (I) em (II):

$g\,h - 2\,g\,r = \dfrac{g\,r}{2}$

Logo: $\boxed{h = \dfrac{5}{2}\,r = 2{,}5\,r}$

Resposta: d

69.

1ª situação:

$\dfrac{2\,m\,v_1^2}{2} = 2\,m\,g\,\ell \Rightarrow \boxed{v_1 = \sqrt{2\,g\,\ell}}$

2ª situação:

A massa colocada no ponto médio do fio terá a metade da velocidade linear da massa colocada na extremidade do fio, isto é, $\dfrac{v_2}{2}$.

$$\frac{m\,v_2^2}{2} + \frac{m\left(\dfrac{v_2}{2}\right)^2}{2} + m\,g\,\frac{\ell}{2} = 2\,m\,g\,\ell$$

$$\frac{5}{8}\,v_2^2 = \frac{3}{2}\,g\,\ell$$

Da qual: $\boxed{v_2 = \sqrt{2{,}4\,g\,\ell}}$

Resposta: $v_1 = \sqrt{2\,g\,\ell}$; $v_2 = \sqrt{2{,}4\,g\,\ell}$

70.

a) $E_{m_B} = E_{m_A} \Rightarrow E_{C_B} + M\,g \cdot L = 5\,M\,g\,L$

$\boxed{E_{C_B} = 4\,M\,g\,L}$

b) $\dfrac{M\,v_B^2}{2} + M\,g\,L = 5\,M\,g\,L \Rightarrow v_B^2 = 8\,g\,L$ (I)

Ponto B (mais alto da trajetória):

$T_B + P = F_{cp_B} \Rightarrow T_B + M\,g = \dfrac{M\,v_B^2}{L}$ (II)

(I) em (II): $T_B + M\,g = \dfrac{M\,8\,g\,L}{L}$

$\boxed{T_B = 7\,M\,g}$

Como em B o fio encontra-se tracionado, conclui-se, conforme o enunciado, que a esfera se encaixará no copinho.

Resposta: a) 4 M g L; b) 7 M g; sim

71.

$E_{m_{saída}} = E_{m_{entrada}}$ (referencial no ponto de saída)

$\dfrac{m\,v_S^2}{2} = \dfrac{m\,v^2}{2} + m\,g\,\dfrac{R}{2} \Rightarrow v_S = \sqrt{v^2 + g\,R}$ (I)

Movimento balístico:

Na vertical: MUV

$\Delta y = v_{0y}\,t + \dfrac{\alpha_y}{2}\,t^2 \Rightarrow \dfrac{3\,R}{2} = \dfrac{g}{2}\,t_q^2 \Rightarrow t_q = \sqrt{\dfrac{3\,R}{g}}$ (II)

Na horizontal: MU

$\Delta x = v_H\,\Delta t \Rightarrow x = v_s\,t_q$ (III)

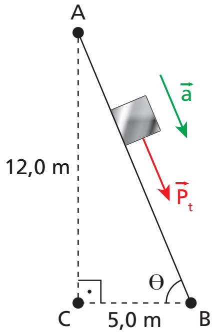
Substituindo (I) e (II) em (III):

$$x = \sqrt{v^2 + g\,R}\,\sqrt{\frac{3\,R}{g}}$$

Da qual: $\boxed{x = \sqrt{\dfrac{3\,R}{g}\,(v^2 + g\,R)}}$

Resposta: $x = \sqrt{\dfrac{3\,R}{g}\,(v^2 + g\,R)}$

72.



a)

1) $(AB)^2 = (12{,}0)^2 + (5{,}0)^2$

$\boxed{AB = 13{,}0\text{ m}}$

2) $\text{sen}\,\theta = \dfrac{12{,}0}{13{,}0} \cong 0{,}92$

3) 2ª Lei de Newton:

$P_t = ma \Rightarrow mg\,\text{sen}\,\theta = ma$

$a = g\,\text{sen}\,\theta = 10{,}0 \cdot 0{,}92\ (\text{m/s}^2)$

$\boxed{a = 9{,}2\text{ m/s}^2}$

b) Conservação da energia mecânica entre os pontos 1 e 3:

$E_{m_3} = E_{m_1}$ (Referencial em 3):

$\dfrac{m\,v_3^2}{2} = mg\,(h_1 - h_3)$

$v_3 = \sqrt{2g(h_1 - h_3)}$

$v_3 = \sqrt{2 \cdot 10{,}0\,(20{,}0 - 16{,}0)}\ (\text{m/s}^2)$

Da qual: $\boxed{v_3 = 4{,}0\,\sqrt{5}\text{ m/s} \cong 8{,}8\text{ m/s}}$

Respostas: a) Aproximadamente 9,2 m/s²; b) Aproximadamente 8,8 m/s.

73.

Um recurso didático bastante eficaz para esse tipo de exercício é construir uma tabela com valores das energias cinética, potencial de gravidade e mecânica nos diversos pontos da trajetória.

	E_C (J)	E_p (J)	E_m (J)
A	100	600	700
B	400	300	700
C	100	600	700

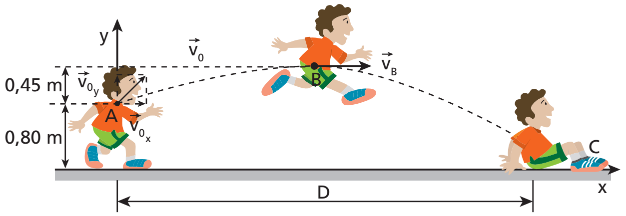
(I) De **A** para **B**, a altura reduz-se à metade, o mesmo ocorrendo com a energia potencial da gravidade.

(II) Em **C**, a velocidade é a metade da de **B** ($v_C = v_B \cos 60° = 0{,}50\,v_B$). Logo, a energia cinética em **C** é um quarto da de **B**.

(III) A energia potencial de gravidade em **C** é igual à de **A**. Logo: $h_C = h_A = H$.

Resposta: a

74.



Sistema conservativo: $E_{m_A} = E_{m_B}$

$$E_{C_A} = \frac{m\,v_B^2}{2} + m\,g\,\Delta h;\ v_B = v_{0_x} = 10{,}5 \text{ m/s}$$

Logo: $E_{C_A} = \dfrac{64{,}0\,(10{,}5)^2}{2} + 64{,}0 \cdot 10{,}0 \cdot 0{,}45$

$\boxed{E_{C_A} = 3\,816{,}0 \text{ J}}$

b) Movimento vertical de **A** para **B**: MUV

$v_y^2 = v_{0_y}^2 + 2\,\alpha_y\,\Delta y \Rightarrow 0 = v_{0_y}^2 + 2\,(-10{,}0)\,0{,}45$

$\boxed{v_{0_y} = 3{,}0 \text{ m/s}}$

Movimento vertical de **A** para **C**: MUV

$$\Delta y = v_{0_y}\,t + \frac{\alpha_y}{2}\,t^2 \Rightarrow -\,0{,}80 = 3{,}0\,t_V - \frac{10{,}0}{2}\,t_V^2$$

$5{,}0\,t_V^2 - 3{,}0\,t_V - 0{,}80 = 0$

Resolvendo a equação, temos: $\boxed{t_V = 0{,}80 \text{ s}}$

c) Movimento horizontal de **A** para **C**: MU

$\Delta x = v_{0_x}\,t_V \Rightarrow D = 10{,}5 \cdot 0{,}80 \Rightarrow \boxed{D = 8{,}4 \text{ m}}$

Respostas: a) 3 816,0 J; b) 0,80 s; c) 8,4 m

75.

$E_{m_f} = E_{m_i}$

Referencial em B:

$$\frac{m\,v_B^2}{2} + \frac{K\,(\Delta x_B)^2}{2} = m\,g\,h_A + \frac{K\,(\Delta x_A)^2}{2}$$

$$\frac{5{,}0\,v_B^2}{2} + \frac{5{,}0 \cdot 10^2 \cdot (0{,}12)^2}{2} = 5{,}0 \cdot 10 \cdot 0{,}16 + \frac{5{,}0 \cdot 10^2 \cdot (0{,}040)^2}{2}$$

Da qual: $\boxed{v_B \cong 1{,}4 \text{ m/s}}$

Resposta: Aproximadamente 1,4 m/s.

76.

Seja **d** a distância pedida e **x** a máxima deformação da corda.

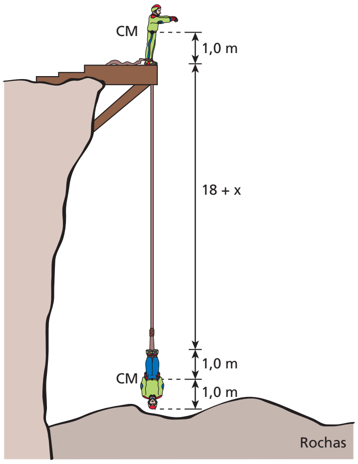
$d = 18 + x + 2{,}0$ (em metros).

$\boxed{d = 20 + x \text{ (em metros)}}$

$E_{m_f} = E_{m_i}$ (referencial na posição mais baixa do centro de massa do *bungee jumper*):

$$\frac{K\,x^2}{2} = m\,g\,h \Rightarrow \frac{200\,x^2}{2} = 100 \cdot 10 \cdot (20 + x)$$

$x^2 - 10\,x - 200 = 0$



Resolvendo-se a equação: $x = \dfrac{10 \pm \sqrt{100 + 800}}{2}$

Assim: $\boxed{x = 20 \text{ m}}$

Logo: $d = 20 + 20$ (em metros) $\Rightarrow \boxed{d = 40 \text{ m}}$

Resposta: d

77.

$E_{m_p} = E_{m_Q}$

$$\frac{K\,(\Delta x_P)^2}{2} + \frac{m\,v_P^2}{2} = \frac{K\,(\Delta x_Q)^2}{2} + \frac{m\,v_Q^2}{2}$$

$200\,(2{,}0)^2 + 2{,}0\,v_P^2 = 200\,(0{,}20)^2 + 2{,}0 \cdot 20^2$

$400 + v_P^2 = 4{,}0 + 400$

Da qual: $\boxed{v_p = 2{,}0 \text{ m/s}}$

Resposta: 2,0 m/s

78.

Ponto O:

$$P = F_{cp} \Rightarrow m\,g = \frac{m\,v_0^2}{\frac{d}{2}} \Rightarrow v_0^2 = \frac{g\,d}{2} \text{ (I)}$$

$E_{m_O} = E_{m_A}$ (referencial em **O**):

$$\frac{m\,v_0^2}{2} = m\,g\,(h - d) \Rightarrow \frac{v_0^2}{2} = g\,(h - d) \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (I) em (II): $\dfrac{\frac{g\,d}{2}}{2} = g\,(h - d) \Rightarrow d = 4\,h - 4\,d \Rightarrow 5\,d = 4\,h$

Logo: $\boxed{\dfrac{d}{h} = \dfrac{4}{5}}$

Resposta: $\dfrac{d}{h} = \dfrac{4}{5}$

79.

Devido à flexão da vara (trabalho muscular da atleta) a energia mecânica inicial recebe um acréscimo de mais 20% da energia cinética obtida na corrida para o salto.

$E_{m_f} = E_{m_i}$ (Referencial no solo):

$$m\,g\,H = \frac{m\,v_0^2}{2} + mgh + 0{,}20\,\frac{m\,v_0^2}{2}$$

$$10H = \frac{(8{,}0)^2}{2} + 10 \cdot 0{,}80 + 0{,}10\,(8{,}0)^2$$

$10H = 46{,}4$

Da qual: $\boxed{H = 4{,}64 \text{ m}}$

Resposta: c

80.

a) Seja **h** o desnível entre **A** e **B** ou entre **D** e **C**.

$h = L \operatorname{sen} \alpha$

Para os dois casos:

$E_{m_C} = E_{m_A}$

$$\frac{m\,v^2}{2} = m\,g\,(L + h) \Rightarrow \frac{v^2}{2} = g\,(L + L \operatorname{sen} \alpha)$$

Logo: $\boxed{v = v_I = v_{II} = \sqrt{2\,g\,L\,(1 + \operatorname{sen} \alpha)}}$

b) $$\left.\begin{array}{l} v_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} \\[2ex] v_m = \dfrac{v_1 + v_2}{2} \text{ (MUV)} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{\dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{v_1 + v_2}{2}}$$

$$\frac{L}{\Delta t_{BC}} = \frac{0 + v_B}{2} \Rightarrow \Delta t_{AB} = \frac{2\,L}{v_B}$$

$$\frac{L}{\Delta t_{BC}} = \frac{v_B + v}{2} \Rightarrow \Delta t_{BC} = \frac{2\,L}{v_B + v}$$

Então:

$$\boxed{\Delta t_I = \frac{2\,L}{v_B} + \frac{2\,L}{v_B + v}}$$

$$\frac{L}{\Delta t_{AD}} = \frac{0 + v_D}{2} \Rightarrow \Delta t_{AD} = \frac{2\,L}{v_D}$$

$$\frac{L}{\Delta t_{DC}} = \frac{v_D + v}{2} \Rightarrow \Delta t_{DC} = \frac{2\,L}{v_D + v}$$

Então:

$$\boxed{\Delta t_{II} = \frac{2\,L}{v_D} + \frac{2\,L}{v_D + v}}$$

Nos trechos AB e AD, as distâncias percorridas pelas bolinhas são iguais a **L**. Sendo $a_{AB} = g \text{ sen } \alpha$ e $a_{AD} = g$, pode-se inferir pela Equação de Torricelli que $V_D > V_B$. Logo:

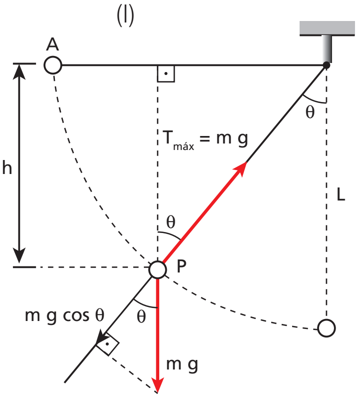
$$\boxed{\Delta t_{II} < \Delta t_I}$$

Respostas: a) $v_{II} = v_I = \sqrt{2\,g\,L\,(1 + \text{sen } \alpha)}$; b) $\Delta t_{II} < \Delta t_I$

81. Seja **P** o ponto em que o fio se rompe:

$\cos\theta = \dfrac{h}{L} \Rightarrow h = L \cos\theta$ (I)

$E_{m_P} = E_{m_A}$ (referencial em **P**):



$\dfrac{m\,v_P^2}{2} = m\,g\,h \Rightarrow v_P^2 = 2\,g\,h$ (II)

Substituindo (I) em (II):

$v_P^2 = 2\,g\,L\cos\theta$ (III)

Ponto **P**: $m\,g - m\,g\cos\theta = \dfrac{m\,v_P^2}{L}$

$g\,(1 - \cos\theta) = \dfrac{v_P^2}{L}$ (IV)

Substituindo (III) em (IV):

$g\,(1 - \cos\theta) = \dfrac{2\,g\,L\cos\theta}{L}$

$1 - \cos\theta = 2\cos\theta \Rightarrow \cos\theta = \dfrac{1}{3}$

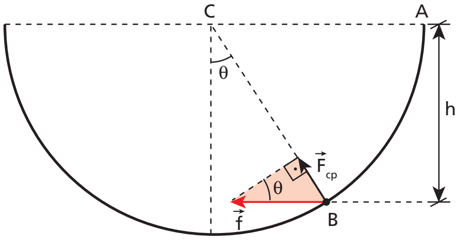
Assim: $\boxed{\theta \cong 70{,}5°}$

Resposta: a

82.
(I) A componente de $\vec{f}$ na direção radial ao hemisfério é a resultante centrípeta.

$\text{sen }\theta = \dfrac{F_{cp}}{f} \Rightarrow \text{sen }\theta = \dfrac{m\,v^2}{R\,f}$

$m\,v^2 = Rf \text{ sen }\theta$ (I)



(II) Sistema conservativo:

$E_{m_B} = E_{m_A} \Rightarrow \dfrac{m\,v^2}{2} = m\,g\,h$

Mas $h = R\cos\theta$, logo:

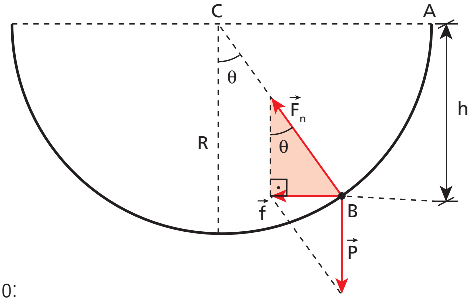
$m\,v^2 = 2\,m\,g\,R\cos\theta$ (II)

Comparando (I) e (II):

$R\,f \text{ sen }\theta = 2\,m\,g\,R\cos\theta$

$f \text{ tg }\theta = 2\,m\,g$ (III)

(III)



Logo:

$\text{tg }\theta = \dfrac{f}{P} \Rightarrow \text{tg }\theta = \dfrac{f}{m\,g}$

Em que: $f = m\,g \text{ tg }\theta$ (IV)

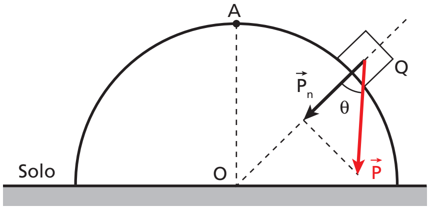
Substituindo (IV) em (III):

$m\,g \text{ tg }\theta \text{ tg }\theta = 2\,m\,g$

$\text{tg}^2\,\theta = 2 \Rightarrow \boxed{\text{tg }\theta = \sqrt{2}}$

Resposta: $\theta = \text{arc tg } \sqrt{2}$

83.
No instante em que o bloco se destaca (ponto **Q**), a força normal de contato entre ele e o hemisfério é nula.



Ponto **Q**: $P_n = F_{cp}$

$m\,g\cos\theta = \dfrac{m\,v^2}{R}$

$v^2 = g\,R\cos\theta \Rightarrow v^2 = g\,h$ (I)

$E_{m_A} = E_{m_Q}$ (referencial no solo):

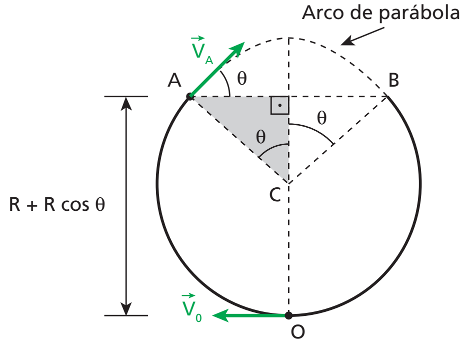
$m\,g\,R = \dfrac{m\,v^2}{2} + m\,g\,h \Rightarrow g\,R = \dfrac{v^2}{2} + g\,h$ (II)

Substituindo (I) em (II), vem:

$$gR = \frac{gh}{2} + gh \Rightarrow \boxed{h = \frac{2}{3}R}$$

Resposta: $h = \frac{2}{3}R$

84.



(I) Do movimento balístico, o alcance horizontal pode ser calculado por:

$$AB = \frac{v_A^2 \text{ sen } 2\theta}{g} \text{ ou}$$

$$AB = \frac{v_A^2 \; 2 \text{ sen } \theta \cos \theta}{g} \qquad (I)$$

(II) Partindo-se do triângulo retângulo destacado, conclui-se que:
$AB = 2R \text{ sen } \theta$ (II)

Comparando-se (I) e (II):

$$\frac{v_A^2 \; 2 \text{ sen } \theta \cos \theta}{g} = 2R \text{ sen } \theta$$

onde: $v_A^2 = \frac{gR}{\cos \theta}$ (III)

(III) Sistema conservativo:
$E_{m_0} = E_{m_A}$

Referencial em O: $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_A^2}{2} + mg(R + R\cos\theta)$

$v_0^2 = v_A^2 + 2gR(1 + \cos\theta)$ (IV)

(III) em (IV): $v_0^2 = \frac{gR}{\cos\theta} + 2gR(1 + \cos\theta)$

$$\boxed{v_0 = \sqrt{gR\left[\frac{1}{\cos\theta} + 2(1 + \cos\theta)\right]}}$$

Resposta: $v_0 = \sqrt{gR\left[\frac{1}{\cos\theta} + 2(1 + \cos\theta)\right]}$

85.

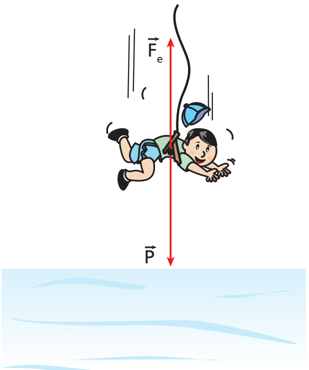
(I) O sistema é conservativo e a energia potencial elástica armazenada na corda quando o jovem toca a água é igual à sua energia potencial gravitacional no instante do salto.

$$E_{p_e} = E_p \Rightarrow \frac{kx^2}{2} = mgH \Rightarrow \frac{k(H - L_0)^2}{2} = mgH$$

$$\frac{k(50 - 10)^2}{2} = 70 \cdot 10 \cdot 50 \Rightarrow k = \frac{35\,000}{800} \text{ (N/m)}$$

Da qual: $\boxed{k = \frac{175}{4} \text{ (N/m)}}$

(II) No equilíbrio:



$F_e = P \Rightarrow kx' = mg$

$$x' = \frac{mg}{k} = \frac{70 \cdot 10}{\frac{175}{4}} \text{ (m)}$$

Da qual: $\boxed{x' = 16 \text{ m}}$

(III) $L_0 + x' + h = H \Rightarrow 10 + 16 + h = 50$

$\boxed{h = 24 \text{ m}}$

Resposta: h = 24 m

Página 352

87.

$$E_{m_i} = E_{m_f} \Rightarrow \frac{m v_i^2}{2} - G\frac{Mm}{R} = -G\frac{Mm}{4R}$$

$$\boxed{v_i = \sqrt{\frac{3GM}{2R}}}$$

Resposta: $\sqrt{\frac{3GM}{2R}}$

88.

$$E_{m_A} = E_{m_B} \Rightarrow \frac{m v_A^2}{2} - G\frac{Mm}{R} = 0$$

$$v_A = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2R\frac{GM}{R^2}} = \sqrt{2Rg_0}$$

$$v_A = \sqrt{2 \cdot 6{,}4 \cdot 10^6 \cdot 10} \text{ (m/s)}$$

$$\boxed{v_A \cong 11{,}3 \cdot 10^3 \text{ m/s} = 11{,}3 \text{ km/s}}$$

Resposta: Aproximadamente 11,3 km/s

89.

$$E_{m_i} = E_{m_f} \Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} - G\frac{Mm}{R} = \frac{mv^2}{2} - G\frac{Mm}{2R}$$

$$v_0 = \left[v^2 + G\frac{M}{R}\right]^{\frac{1}{2}} \Rightarrow v_0 = [v^2 + Rg]^{\frac{1}{2}} \qquad (I)$$

$$F = F_{cp} \Rightarrow G\frac{Mm}{(2R)^2} = \frac{mv^2}{2R} \Rightarrow v^2 = \frac{GM}{2R}$$

$$v^2 = \frac{R}{2}\frac{GM}{R^2} \Rightarrow v^2 = \frac{Rg}{2} \qquad (II)$$

Substituindo (II) em (I):

$$v_0 = \left[\frac{Rg}{2} + Rg\right]^{\frac{1}{2}}$$

Assim: $\boxed{v_0 = \left[\frac{3}{2}Rg\right]^{\frac{1}{2}}}$

Resposta: a

90.

a) $F = F_{cp} \Rightarrow G\,\dfrac{M^2}{D^2} = \dfrac{M\,v^2}{\dfrac{D}{2}} \Rightarrow M\,v^2 = \dfrac{G\,M^2}{2\,D}$

$$\frac{M\,v^2}{2} = \frac{G\,M^2}{4\,D}$$

Logo: $\boxed{E_C = \dfrac{G\,M^2}{4\,D}}$

b) A energia de ligação corresponde à energia mecânica total do sistema.

$E_{lig} = E_{m_{sist}}$

$E_{lig} = (E_C + E_p)_{sist}$

$E_{lig} = 2\,\dfrac{G\,M^2}{4\,D} - G\,\dfrac{M^2}{D}$

Da qual: $\boxed{E_{lig} = -\dfrac{G\,M^2}{2\,D}}$

Nota: O módulo de E_{lig} é igual ao trabalho requerido pelo sistema para parar os dois corpos e separá-los por uma distância infinita.

Respostas: a) $\dfrac{G\,M^2}{4\,D}$; b) $-\dfrac{G\,M^2}{2\,D}$

Tópico 8 – Quantidade de movimento e sua conservação

Página 359

1.

(I) MUV: $v = v_0 + \alpha t \Rightarrow v = 1{,}0 \cdot 20$ (m/s)

$\boxed{v = 20 \text{ m/s}}$

(II) $Q = m\,v \Rightarrow Q = 80 \cdot 20 \left(\text{kg} \cdot \dfrac{\text{m}}{\text{s}}\right)$.

$$\boxed{Q = 1\,600 \cdot \text{kg}\,\frac{\text{m}}{\text{s}} = 1{,}6 \cdot 10^3\,\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

Resposta: $1{,}6 \cdot 10^3\,\text{kg} \cdot \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$

2.

$Q_A = Q_B \Rightarrow m_A\,v_A = m_B\,v_B$

Se $m_A = 2\,m_B \Rightarrow 2\,m_B\,v_A = m_B\,v_B$

$\boxed{v_A = \dfrac{1}{2}v_B}$

Resposta: d

4.

a) Teorema do Impulso: $\vec{I} = \Delta\vec{Q}$

$\vec{F}_m\,\Delta t = m\,\vec{v} - m\,\vec{v}_0 \Rightarrow \left|\vec{F}_m\right| \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-2} = 0{,}15 \cdot 4{,}0$

$\boxed{\left|\vec{F}_m\right| = 60 \text{ N}}$

b) Teorema da Energia Cinética:

$\tau = \Delta E_C \Rightarrow F_n\,d\cos 0° = \dfrac{m\,v^2}{2} - \dfrac{m\,v_0^{\,2}}{2}$

$60\,d = \dfrac{0{,}15(4{,}0)^2}{2} \Rightarrow \boxed{d = 0{,}02 \text{ m} = 2{,}0 \text{ cm}}$

Respostas: a) 60 N; b) 2,0 cm

5.

Teorema do Impulso: $\vec{I} = \Delta\vec{Q}$

$\vec{F}\,\Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$

$-10\,\Delta t = 10\,(-10 - 4{,}0) \Rightarrow \boxed{\Delta t = 14 \text{ s}}$

Resposta: 14 s

7.

(I) $I\big]_0^2 = A_1 = \dfrac{(6{,}0 + 2{,}0)\,2{,}0}{2} = 8{,}0 \text{ N} \cdot \text{s}$

$I\big]_0^2 = m\,v_2 - m\,v_0 \Rightarrow 8{,}0 = 2{,}0v_2 \Rightarrow \boxed{v_2 = 4{,}0 \text{ m/s}}$

(II) $I\big]_2^4 = A_2 = \dfrac{2{,}0 \cdot 6{,}0}{2} = 6{,}0 \text{ N} \cdot \text{s}$

$I\big]_2^4 = m\,v_4 - m\,v_2 \Rightarrow 6{,}0 = 2{,}0v_4 - 2{,}0 \cdot 4{,}0 \Rightarrow \boxed{v_4 = 7{,}0 \text{ m/s}}$

(III) $I\big]_4^6 = A_3 = \dfrac{2{,}0\,(-6{,}0)}{2} = -6{,}0 \text{ N} \cdot \text{s}$

$I\big]_4^6 = m\,v_6 - m\,v_4 \Rightarrow -6{,}0 = 2{,}0v_6 - 2{,}0 \cdot 7{,}0 \Rightarrow \boxed{v_6 = 4{,}0 \text{ m/s}}$

Resposta: Respectivamente, 4,0 m/s; 7,0 m/s e 4,0 m/s

8.

Teorema do Impulso: $\Delta\vec{Q} = \vec{I}$

A força resultante entre as posições A e B é o peso da bola, logo:

$\Delta\vec{Q} = \vec{P}\,\Delta t$

Os vetores $\Delta\vec{Q}$ e $\vec{P}$ têm a mesma direção e sentido, já que o escalar Δt é positivo.

Assim, $\Delta\vec{Q}$ é vertical e dirigido para baixo.

Resposta: d

9.

a) Sim. A energia cinética é uma grandeza escalar constante em qualquer movimento uniforme.

b) Não. A quantidade de movimento é uma grandeza vetorial que só é constante no repouso e no MRU. Deve-se notar que a trajetória da partícula pode não ser retilínea.

Respostas: a) Sim; b) Não.

10.

(I) A energia cinética permanece constante.

(II) A energia potencial de gravidade aumenta.

(III) A energia mecânica, soma da cinética com a potencial de gravidade, aumenta.

(IV) A quantidade de movimento é variável, pois, embora tenha módulo constante, varia em direção ao longo da trajetória.

Resposta: c

11.

(1) Incorreta. Cada unidade tem movimento circular e uniforme, a quantidade de movlmento tem módulo constante e direção variável.

(2) Correta. As unidades simétricas (1 e 5), (2 e 6), (3 e 7), (4 e 8) têm quantidades de movimento com módulos iguais, mesma direção e sentidos opostos com soma vetorial nula.

Portanto, a quantidade de movimento total é constante e nula.

(3) Incorreta. A energia cinética é constante e a energia potencial varia.

(4) Correta. A energia cinética de cada unidade é constante e quando uma unidade sobe uma distância H, a unidade simétrica desce a mesma distância H; portanto, a variação de energia potencial é nula e a energia mecânica total do sistema é constante.

(5) Correta. A força resultante em cada unidade é centrípeta e, por ser perpendicular à trajetória, não realiza trabalho.

Resposta: d

12.

$$E_A = E_B \Rightarrow \frac{{Q_A}^2}{2m_A} = \frac{{Q_B}^2}{2m_B} \Rightarrow \left(\frac{Q_A}{Q_B}\right)^2 = \frac{m_A}{m_B}$$

Se $m_A = 4\ m_B$, então:

$$\left(\frac{Q_A}{Q_B}\right)^2 = \frac{4\ m_B}{m_B} = 4 \Rightarrow \frac{Q_A}{Q_B} = 2$$

$$\boxed{Q_A = 2Q_B}$$

Resposta: e

13.

(I) $I = \Delta Q \Rightarrow F\ \Delta t = Q - Q_0$

$F\ 4{,}0 = 40 \Rightarrow \boxed{F = 10\text{ N}}$

(II) $F = ma \Rightarrow 10 = m\ 5{,}0 \Rightarrow \boxed{m = 2{,}0\text{ kg}}$

(III) $\tau = E_C - E_{C_0} \Rightarrow \tau = \dfrac{Q^2}{2\ m} = \dfrac{(40)^2}{2 \cdot 2{,}0} \Rightarrow \boxed{\tau = 4{,}0 \cdot 10^2\text{ J}}$

Resposta: $4{,}0 \cdot 10^2$ J

15.

a) MUV: $v^2 = {v_0}^2 + 2\ \alpha\ \Delta s$

$v^2 = 2 \cdot 10 \cdot 80 \Rightarrow v = 40\text{ m/s}$

$I_{total} = Q_f - Q_i \Rightarrow -(F - m\ g)\ \Delta t = 0 - m\ v$

$(F - 50 \cdot 10) \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-2} = 50 \cdot 40$

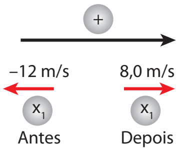
Logo: $\boxed{F = 40{,}5\text{ kN}}$

b) MUV: $\alpha = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow \alpha = -\dfrac{40}{5{,}0 \cdot 10^{-2}} = -800\text{ m/s}^2$

$|\alpha| = 10 \cdot 80\text{ m/s}^2 \Rightarrow \boxed{|\alpha| = 10\ a_{letal}}$

Respostas: a) 40,5 kN; b) 10 vezes.

16.



Teorema do impulso:

$\vec{I} = \Delta\vec{Q} \Rightarrow \vec{F}_m\ \Delta t = m\ \vec{v}_2 - m\ \vec{v}_1$

$\vec{F}_m\ \Delta t = m\ (\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$

Como o movimento da bola ocorre exclusivamente em uma única direção (horizontal), a equação acima pode ser reduzida a uma equação algébrica, a exemplo do que fazemos a seguir:

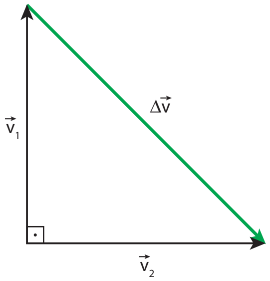
$F_m \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2} = 40 \cdot 10^{-3}\ [8{,}0 - (-12)]$

$F_m \cdot 2{,}0 \cdot 10^{-2} = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 20$

Em que: $\boxed{F_m = 40\text{ N}}$

Resposta: 40 N

18.



$\vec{I} = \Delta\vec{Q} \Rightarrow \vec{I} = m\ \Delta\vec{v} \Rightarrow |\vec{I}| = m \cdot |\Delta\vec{v}|$

$\boxed{(\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1)}$

Teorema de Pitágoras:

$|\Delta\vec{v}|^2 = (15)^2 + (20)^2$

$\boxed{|\Delta\vec{v}| = 25\text{ m/s}}$

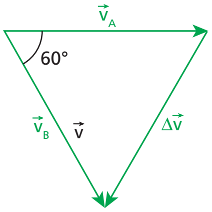
Logo: $|\vec{I}| = 8{,}0 \cdot 10^2 \cdot 25$

$\boxed{|\vec{I}| = 2{,}0 \cdot 10^4\text{ N} \cdot \text{s}}$

Resposta: $2{,}0 \cdot 10^4$ N · s

19.

a) MU: $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow \dfrac{90}{3{,}6} = \dfrac{500}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 20\text{ s}}$



b) $\vec{I} = \Delta\vec{Q} \Rightarrow \vec{F}\ \Delta t = m\ \Delta\vec{v}$

$|\vec{F}| = \dfrac{m\ |\Delta\vec{v}|}{\Delta t}$

O triângulo ao lado é **equilátero**, logo:

$|\Delta\vec{v}| = |\vec{v}_A| = |\vec{v}_B| = 25\text{ m/s}$

Assim:

$|\vec{F}| = \dfrac{1000 \cdot 25}{20}\ (\text{N}) \Rightarrow \boxed{|\vec{F}| = 1250\text{ N}}$

Respostas: a) 20 s; b) 1 250 N

20.

a) $I = \text{“ÁREA”} \Rightarrow I = \dfrac{(8{,}0 + 1{,}0)10^{-2} \cdot 4{,}0 \cdot 10^2}{2}\ (\text{N} \cdot \text{s})$

$\boxed{I = 18\text{ N} \cdot \text{s}}$

Teorema do impulso: $\Delta\vec{Q} = \vec{I}$

$\vec{Q} - \vec{Q}_0 = \vec{I} \Rightarrow \boxed{Q = 18\text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}$

b) Teorema da Energia cinética:

$\tau = \dfrac{Q^2}{2\ m} - \dfrac{{Q_0}^2}{2\ m} \Rightarrow \tau = \dfrac{(18)^2}{2 \cdot 0{,}45}\ (\text{J})$

$\boxed{\tau = 3{,}6 \cdot 10^2\text{ J}}$

Respostas: a) 18 kg · $\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$; b) $3{,}6 \cdot 10^2$ J

21. Nos dois casos, o impulso exercido para deter a cabeça do motorista tem a mesma intensidade, já que a variação de quantidade de movimento pretendida é a mesma. No caso (I), com a bolsa de ar, o intervalo de tempo de frenagem é maior que no caso (II), o que exige forças de menor intensidade e, portanto, provoca menores traumas à cabeça do motorista.

Resposta: b

Página 365

22.

(01) Correta

(02) Correta

Sistema Isolado: $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_H + \vec{Q}_C = \vec{0} \Rightarrow \boxed{\vec{Q}_H = -\vec{Q}_C}$

(04) Incorreta

$$m_H\vec{v}_H = -m_C\vec{v}_C \Rightarrow \vec{v}_H = -\frac{m_C}{m_H}\vec{v}_C$$

Somente se $m_C = m_H$, $\vec{v}_H = -\vec{v}_C$

(08) Correta

A quantidade de movimento total do sistema deve permanecer nula.

(16) Incorreta

Resposta: 11

23. Explosão: Sistema Isolado

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_A + \vec{Q}_B + \vec{Q}_C = \vec{0}$

Resposta: d

25.

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_R + \vec{Q}_G = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_R = -\vec{Q}_G$

Em módulo: $\vec{Q}_R = \vec{Q}_G \Rightarrow m_R\,v_R = m_G\,v_G$

$60v_R = 40 \cdot 0{,}60 \Rightarrow \boxed{v_R = 0{,}40 \text{ m/s}}$

Resposta: 0,40 m/s

26.

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_1 \Rightarrow \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_1 = -\vec{Q}_2$

Em módulo: $Q_1 = Q_2 \Rightarrow m_1\,v_1 = m_2\,v_2$

$\frac{2}{5}\,M\,v_1 = \frac{3}{5}\,M\,40 \Rightarrow \boxed{v_1 = 60\text{m/s}}$

Resposta: d

27.

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_A + \vec{Q}_P = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_A = -\,\vec{Q}_P$

$m_A v_A = m_P v_P \Rightarrow m_A\,\frac{D}{T} = m_P v_P$

$70 \cdot \frac{120}{T} = 0{,}10 \cdot 560 \Rightarrow \boxed{T = 150 \text{ s} = 2 \text{ min } 30 \text{ s}}$

Resposta: 2 min 30 s

28.

- $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_J + \vec{Q}_M = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_J = -\,\vec{Q}_M$

  $m_J v_J = m_M v_M \Rightarrow m_J\,\frac{D_J}{\Delta t} = m_M\,\frac{D_M}{\Delta t}$

  $84\,D_J = 56\,D_M \Rightarrow \boxed{D_J = \frac{2}{3}\,D_M}$ (I)

- $D_J + D_M = 10$ (II)

  De I em II: $\frac{2}{3}\,D_M + D_M = 10 \Rightarrow \boxed{D_M = 6{,}0 \text{ m}}$

Resposta: c

29.

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow 40\,(-2{,}5) + 60v = (40 + 60)\,2{,}0$

$-100 + 60v = 200 \Rightarrow \boxed{v = 5{,}0 \text{ m/s}}$

Resposta: e

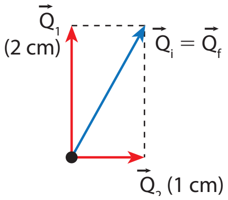
30.

Colisão: Sistema Isolado

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i$

$\vec{Q}_i = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2$

Resposta: a



32.

- $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$

  $\vec{Q}_G + \vec{Q}_P = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_G = -\vec{Q}_P$

  Em módulo: $Q_G = Q_P$

  $m_G\,v_G = m_P\,v_P \Rightarrow 50\,v_G = 5{,}0\,v_P$

  Em que: $v_P = 10v_G$ (I)

- $v_G + v_P = 11$ (II)

  Substituindo (I) em (II):

  $v_G + 10\,v_G = 11 \Rightarrow \boxed{v_G = 1{,}0 \text{ m/s}}$

  De (I): $\boxed{v_P = 10 \text{ m/s}}$

Resposta: $v_G = 1{,}0$ m/s; $v_P = 10$ m/s

33.

a) $Q_{conjunto} = Q_{cachorro} \Rightarrow (m_M + m_T + m_C)\,v = m_C\,v_C$

$100\,v = 10\;\frac{18}{3{,}6}$

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

b) $\Delta E_C = E_{C_f} - E_{C_i}$

$$\Delta E_C = \frac{(m_M + m_T + m_C)\,v^2}{2} - \frac{m_C\,v_C^2}{2}$$

$$\Delta E_C = \frac{100\,(0{,}50)^2}{2} - \frac{10\,(5{,}0)^2}{2}$$

$\boxed{\Delta E_C = -112{,}5 \text{ J}}$

Respostas: a) 0,50 m/s; b) = −112,5 J

34.

a) O sistema é isolado de forças externas, logo:

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_a + \vec{Q}_p = \vec{0}$

$\vec{Q}_a = -\,\vec{Q}_p$

Em módulo: $Q_a = Q_p$

$m_a\,v_a = m_p\,v_p$

$60v_a = 80 \cdot 0{,}15$

Da qual: $\boxed{v_a = 0{,}20 \text{ m/s}}$

b) (I) $I \overset{n}{=} (\text{ÁREA}_{Ext})$

$$I = \frac{(0{,}9 + 0{,}3)\,F_{máx}}{2}$$

$\boxed{I = 0{,}6\,F_{máx}}$

(II) Teorema do Impulso para a plataforma:

$I = \Delta Q \Rightarrow I = m_P\,v_P$

$0{,}6\,F_{máx} = 80 \cdot 0{,}15$

Da qual:

$\boxed{F_{máx} = 20 \text{ N}}$

Respostas: a) 0,20 m/s; b) 20 N

36.

a) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow \frac{2\,d\,\Delta t_2}{3\,d\,\Delta t_1} = \frac{4{,}0}{2{,}0} \Rightarrow \boxed{\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \frac{1}{3}}$

b) $E_e = \dfrac{K\,(\Delta x)^2}{\Delta 2} = \dfrac{1{,}5 \cdot 10^2\ (0{,}20)^2}{2} \Rightarrow E_e = 3{,}0\ \text{J}$

$E_{C_1} + E_{C_2} = E_e \Rightarrow E_{C_1} + E_{C_2} = 3{,}0 \qquad \text{(I)}$

$Q_1 = Q_2 \Rightarrow Q_1{}^2 = Q_2{}^2 \Rightarrow 2\,m_1 \cdot E_{C_1} = 2 \cdot m_2\,E_{C_2}$

$2{,}0\,E_{C_1} = 4{,}0\,E_{C_2} \Rightarrow E_{C_1} = 2{,}0\,E_{C_2} \qquad \text{(II)}$

De (I) e (II): $\boxed{E_{C_1} = 2{,}0\ \text{J}}$ e $\boxed{E_{C_2} = 1{,}0\ \text{J}}$

Respostas: a) $\dfrac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \dfrac{1}{3}$; b) $E_{C_1} = 2{,}0\ \text{J}$; $E_{C_2} = 1{,}0\ \text{J}$

37.

(I) Sistema Isolado: $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i$

$\vec{Q}_A + \vec{Q}_B = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_A = -\vec{Q}_B$

Em módulo: $Q_A = Q_B \Rightarrow m_A\,v_A = m_B\,v_B$

$M\,v_A = 2M\,v_B \Rightarrow \boxed{v_A = 2v_B}$

(II) Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0{}^2}{2} \Rightarrow -F_{at}\ d = 0 - \frac{m\,v_0{}^2}{2}$$

$$\mu\,m\,g\,d = \frac{m\,v_0{}^2}{2} \Rightarrow \boxed{d = \frac{v_0{}^2}{2\,\mu\,g}}$$

(III) Bloco A: $L = \dfrac{(2\,v_B)^2}{2\,\mu\,g} \Rightarrow L = 4\dfrac{v_B{}^2}{2\,\mu\,g}$ ①

Bloco B: $D_B = \dfrac{v_B{}^2}{2\,\mu\,g}$ ②

Dividindo-se as equações ② e ①, vem:

$$\frac{D_B}{L} = \frac{v_B{}^2}{2\mu g} \cdot \frac{2\mu g}{4v_B{}^2} \Rightarrow \boxed{D_B = \frac{L}{4}}$$

Resposta: e

38.

a) As duas esferas realizam movimentos verticais idênticos, com tempos de queda calculados por:

MUV: $y = \dfrac{g}{2}\,t_q^2 \Rightarrow t_q = \sqrt{\dfrac{2\,y}{g}} \Rightarrow \boxed{\dfrac{t_2}{t_1} = 1}$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\dfrac{x_2}{t_2}}{\dfrac{x_1}{t_1}} = \frac{x_2}{x_1} = \frac{0{,}75}{0{,}50}$$

Donde: $\boxed{\dfrac{v_2}{v_1} = \dfrac{3}{2}}$

b) $Q_2 = Q_1$

$m_2\,v_2 = m_1\,v_1 \Rightarrow \dfrac{m_2}{m_1} = \dfrac{v_1}{v_2}$

Logo: $\boxed{\dfrac{m_2}{m_1} = \dfrac{3}{2}}$

Respostas: a) $\dfrac{t_2}{t_1} = 1$; $\dfrac{v_2}{v_1} = \dfrac{3}{2}$; b) $\dfrac{m_2}{m_1} = \dfrac{2}{3}$

39.

a) Colisão: Sistema Isolado

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow (M + m)v = m\,v_A + M\,v_C$

$(6\,000 + 2\,000)\ v = 2\,000 \cdot 72{,}0 + 6\,000 \cdot 54{,}0$

$8v = 144{,}0 + 324{,}0 \Rightarrow \boxed{v = 58{,}5\ \text{km/h}}$

b) $\dfrac{E_p}{E_c} = \dfrac{M\,g\,h}{\dfrac{M\,v_A{}^2}{2}} \Rightarrow \dfrac{E_p}{E_c} = \dfrac{2\,g\,h}{v_A{}^2}$

$$\frac{E_p}{E_c} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0{,}50}{\left(\dfrac{72{,}0}{3{,}6}\right)^2} = \frac{10}{400} = \frac{1}{40}$$

$$\boxed{\frac{E_p}{E_c} = 0{,}025 = 2{,}5\%}$$

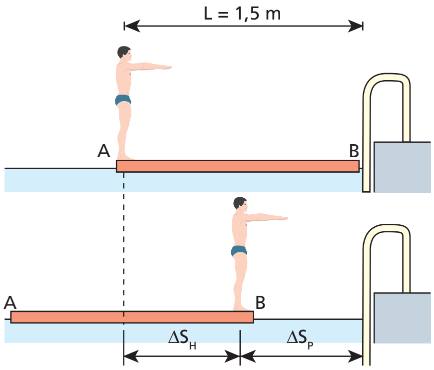
Respostas: a) 58,5 km/h; b) 0,025 ou 2,5%

41.

a) $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_H + \vec{Q}_P = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_H = -\vec{Q}_P$

Em módulo: $Q_H = Q_P \Rightarrow \boxed{\dfrac{Q_H}{Q_P} = 1}$

b)



Da figura: $\Delta S_H + \Delta S_P = L$

$\Delta S_H + \Delta S_P = 1{,}5 \qquad \text{(I)}$

Por outro lado:

$m_H\,v_H = m_P\,v_P$

$m_H\,\dfrac{\Delta S_H}{\Delta t} = m_P\,\dfrac{\Delta S_P}{\Delta t}$

$60\ \Delta S_H = 120\ \Delta S_P$

$\Delta S_H = 2\ \Delta S_P \qquad \text{(II)}$

Substituindo (II) em (I), temos: $2\ \Delta S_P + \Delta S_P = 1{,}5 \Rightarrow \Delta S_P = 0{,}50\ \text{m}$

Logo: $\boxed{x = \Delta S_P = 0{,}50\ \text{m}}$

c) O deslocamento do homem em relação à escada é:

$\Delta S_H = 2\ \Delta S_P = 2 \cdot 0{,}50\ \text{m} \Rightarrow \Delta S_H = 1{,}0\ \text{m}$

$v_{H,\,E} = \dfrac{\Delta S_H}{\Delta t} = \dfrac{1{,}0\ \text{m}}{2{,}0\ \text{s}} \Rightarrow \boxed{v_{H,\,E} = 0{,}50\ \text{m/s}}$

Em relação à prancha, o homem desloca-se de **A** para **B**, percorrendo 1,5 m.

$v_{H,\,P} = \dfrac{AB}{\Delta t} = \dfrac{1{,}5\ \text{m}}{2{,}0\ \text{s}} \Rightarrow \boxed{v_{H,\,p} = 0{,}75\ \text{m/s}}$

Respostas: a) $\dfrac{Q_H}{Q_P} = 1$; b) 50 cm; c) 0,50 m/s e 0,75 m/s

42. Conservação da quantidade de movimento do sistema pêndulo-rolha:

$$m\,v = M\,V \Rightarrow V = \frac{m}{M}\,v \qquad \text{(I)}$$

Conservação da energia mecânica do pêndulo:

$$M\,\frac{V^2}{2} = M\,g\,L \Rightarrow \frac{V^2}{2} = g\,L \qquad \text{(II)}$$

Substituindo (I) em (II):

$$\frac{1}{2}\,\frac{m^2}{M^2}\,v^2 = g\,L \Rightarrow \boxed{v = \frac{M}{m}\sqrt{2\,g\,L}}$$

Resposta: $v = \frac{M}{m}\sqrt{2\,g\,L}$

43.

$$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow m\,v = M\,v' + m\left(-\frac{v}{5}\right)$$

$$10 \cdot \frac{7\,200}{3{,}6} = 1000\,v' - 10 \cdot \frac{7\,200}{5 \cdot 3{,}6}$$

Da qual: $\boxed{v' = 24 \text{ m/s}}$

Resposta: 24 m/s

44.

Sistema isolado de forças externas:

$$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow -2\,m\,\vec{v}_0 + M\,\vec{v} = (M + m)\,\vec{v}_0$$

$$\boxed{\vec{v} = \frac{(M + 3\,m)\,\vec{v}_0}{M}}$$

Resposta: c

45.

Explosão:

Sistema isolado de forças externas.

$$\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$$

$$M\,8{,}0 \cdot 10^3 + 2\,M\,V_B = 3\,M\,2{,}0 \cdot 10^3$$

$$\boxed{v_B = -1{,}0 \cdot 10^3 \text{ m/s}}$$

Resposta: $-1{,}0 \cdot 10^3$ m/s

46.

a) $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow 2{,}0 \cdot 32 + 1{,}0\,v_B = 3{,}0 \cdot 20$

$\boxed{v_B = -4{,}0 \text{ m/s}}$ (movimento para cima)

b) $\Delta E = E_{C_f} - E_{C_i}$

$$\Delta E = \left[\frac{2{,}0\,(32)^2}{2} + \frac{1{,}0\,(4{,}0)^2}{2}\right] - \frac{3{,}0\,(2{,}0)^2}{2} \text{ (J)}$$

Assim: $\boxed{\Delta E = 432 \text{ J}}$

Respostas: a) 4,0 m/s para cima; b) 432 J

47.

$$\text{(I) } Q_A = Q_B \Rightarrow 4\,M\,v_A = M\,v_B \Rightarrow v_B = 4\,v_A \qquad \text{(I)}$$

$$\text{(II) } E_{C_A} + E_{C_B} = E_{P_B} \Rightarrow \frac{4\,M\,v_A^2}{2} + \frac{M\,v_B^2}{2} = M\,g\,R$$

$$2\,v_A^2 + \frac{v_B^2}{2} = 10 \qquad \text{(II)}$$

De (I) e (II): $\boxed{v_A = 1{,}0 \text{ m/s}}$ e $\boxed{v_B = 4{,}0 \text{ m/s}}$

Resposta: Respectivamente, 1,0 m/s e 4,0 m/s.

48.

a) O sistema é isolado na direção horizontal. Logo, aplicando-se o Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento a essa direção, vem:

$$Q_f = Q_i \Rightarrow (m_c + m_a)\,v = m_c\,v_0$$

$$(1{,}0 \cdot 10^2 + 3{,}0 \cdot 10^2)\,v = 1{,}0 \cdot 10^2 \cdot 4{,}0$$

Donde: $\boxed{v = 1{,}0 \text{ m/s}}$

b) A massa móvel na horizontal não se alterará; por isso, a caixa manterá a velocidade calculada no item **a**.

$\boxed{v' = 1{,}0 \text{ m/s}}$

Respostas: a) 1,0 m/s; b) 1,0 m/s

50.

A quantidade de movimento total na vertical deve se conservar.

$$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow 2\,m\,v_y = 2\,m\,V$$

$$v \cos 60° = V \Rightarrow v\,0{,}50 = 20 \Rightarrow \boxed{v = 40 \text{ m/s}}$$

Resposta: d

51.

Explosão: Sistema isolado de forças externas.

$$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_f = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 = -\vec{Q}_3$$

$$M\,v \cos 45° + M\,v \cos 45° = 3\,M\,v$$

$$M\,100\,\frac{\sqrt{2}}{2} + M\,100\,\frac{\sqrt{2}}{2} = 3\,M\,v$$

$$M\,100\,\sqrt{2} = 3\,M\,v$$

Logo: $\boxed{v \cong 47 \text{ km/h}}$

Resposta: Aproximadamente 47 km/h

52.

$$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow (m_A + m_C)\,V = \sqrt{(m_A v_A)^2 + (m_C v_C)^2}$$

$$(1600 + 2\,400)\,V = \sqrt{(1600 \cdot 30)^2 + (2\,400 \cdot 15)^2}$$

$$4{,}0 \cdot 10^3\,v = 60 \cdot 10^3$$

$\boxed{v = 15 \text{ m/s}}$

Resposta: a

Página 378

53.

A quantidade de movimento total do sistema deve se conservar e, na melhor das hipóteses (colisão perfeitamente elástica), a energia cinética final será igual à inicial.

Valores iniciais:

$$\vec{Q}_i = m\,\vec{v} - m\,\vec{v} \Rightarrow \boxed{\vec{Q}_i = \vec{0}}$$

$$E_{C_i} = 2\,\frac{m\,v^2}{2} \Rightarrow \boxed{E_{C_i} = m\,v^2}$$

A alternativa **b** é incorreta porque, embora revele conservação da quantidade de movimento total, propõe um aumento da energia cinética total do sistema.

Resposta: e

54. $e = \dfrac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|}$

a) $e = \frac{12 - 7}{15 + 5} = \frac{5}{20} \Rightarrow \boxed{e = 0{,}25}$. Colisão parcialmente elástica.

b) $e = \frac{0}{30 + 20} \Rightarrow \boxed{e = 0}$

Colisão totalmente inelástica.

c) $e = \frac{10}{10} \Rightarrow \boxed{e = 1}$

Colisão elástica.

d) $e = \frac{2 + 4}{7 + 3} = \frac{6}{10} \Rightarrow \boxed{e = 0{,}6}$

Colisão parcialmente elástica.

e) $e = \frac{0}{400} \Rightarrow \boxed{e = 0}$

Colisão totalmente inelástica.

Respostas: a) e = 0,25; parcialmente elástica; b) e = 0; totalmente inelástica; c) e = 1; elástica; d) e = 0,6; parcialmente elástica; e) e = 0; totalmente inelástica.

56.

a) $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow m_1\,2 + m_2\,8 = m_1\,8 + m_2\,2$

$m_2\,6 = m_1\,6 \Rightarrow \boxed{\frac{m_1}{m_2} = 1}$

b) $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow m_1\,(-2) + m_2\,4 = m_1\,8 + m_2\,(-2)$

$m_2\,6 = m_1\,10 \Rightarrow \boxed{\frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{5}}$

Respostas: a) $\frac{m_1}{m_2} = 1$; b) $\frac{m_1}{m_2} = \frac{3}{5}$

58.

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow (M + m)\,v = M\,v_0$

$(200 + 50)\,v = 200 \cdot 18{,}0 \Rightarrow \boxed{v = 14{,}4 \text{ km/h}}$

Resposta: 14,4 km/h

59.

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow (M + m)\,v = m\,v_1 + m\,v_2$

$2v = 3{,}5 + 1{,}5 \Rightarrow \boxed{v = 2{,}5 \text{ m/s}}$

Resposta: v = 2,5 m/s

60.

a) **Colisão**: Sistema isolado de forças externas

$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \xrightarrow{\text{Algebricamente}} 3\,M\,v = M\,40 + 2\,M\,(-5{,}0)$

Da qual: $\boxed{v = 10 \text{ cm/s}}$

b) **Conjunto A-B**: (Teorema do Impulso)

$\vec{I}_{AB} = \Delta\vec{Q}_{AB} \Rightarrow \vec{I}_{AB} = 2\,M\,(v - v_0)$

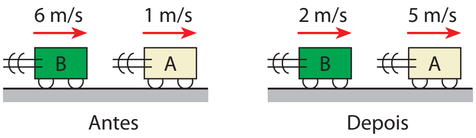
$I_{AB} = 2 \cdot 15\,[\,10 - (-5{,}0)\,]10^{-2}$

$\boxed{I_{AB} = 4{,}5 \text{ N} \cdot \text{s}}$

Respostas: a) 10 cm/s; b) 4,5 N · s

61.

a)



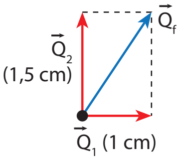
$e = \frac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} = \frac{5 - 2}{6 - 1} = \frac{3}{5} \Rightarrow \boxed{e = 0{,}6}$

b) $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow m_B\,2 + 0{,}2 \cdot 5 = m_B\,6 + 0{,}2 \cdot 1$

$0{,}8 = 4\,m_B \Rightarrow \boxed{m_B = 0{,}2 \text{ kg}}$

Respostas: a) 0,6; b) 0,2 kg

62.



$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{Q}_f = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2$

Resposta: b

63.

(I) Incorreta

O choque foi totalmente inelástico e houve conservação da quantidade de movimento total do sistema.

(II) Correta

$\vec{Q}_i = \vec{Q}_f \Rightarrow M\,v_0 = (M + m)\,v$

$1\,000\,v_0 = (1\,000 + 800)\,54 \Rightarrow \boxed{v_0 = 97{,}2 \text{ km/h}}$

(III) Correta

Teorema do impulso ao carro de 800 kg:

$\vec{I} = \Delta\vec{Q} \Rightarrow I = m\,V \Rightarrow I = 800 \cdot \frac{54}{3{,}6}\,(\text{N} \cdot \text{s})$

$\boxed{I = 1{,}2 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{s}}$

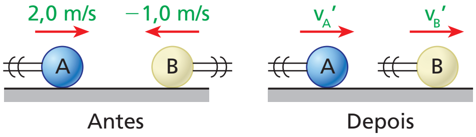
(IV) Incorreta

$F\Delta t = I \Rightarrow F\,0{,}10 = 1{,}2 \cdot 10^4$

$\boxed{F = 1{,}2 \cdot 10^5 \text{ N}}$

Resposta: b

65.



- $e = \frac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} \Rightarrow 1{,}0 = \frac{v_B' - v_A'}{2{,}0 + 1{,}0}$

$\boxed{v_B' - v_A' = 30}$ (I)

- $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow m\,v_B' + m\,v_A' = m\,(2{,}0) + m\,(-1{,}0)$

  Da qual: $\boxed{v_B' + v_A' = 1{,}0}$ (II)

  $\boxed{2\,v_B'}$

- De (I) e (II): $2v_B' = 4{,}0 \Rightarrow \boxed{v_B' = 2{,}0 \text{ m/s}}$

  $2{,}0 + v_A' = 1{,}0 \Rightarrow \boxed{v_A' = -1{,}0 \text{ m/s}}$

  Em colisões unidimensionais elásticas entre massas iguais, os corpos trocam de velocidades.

Resposta: $v_A' = -1{,}0$ m/s; $v_B' = 2{,}0$ m/s

66. Como ocorre numa colisão elástica entre massa iguais, as partículas 1 e 2 trocam de velocidades, por isso, tudo se passa como se tivéssemos uma única partícula deslocando-se de P_1 até P_3.

$E_{m_3} = E_{m_1} \Rightarrow E_{C_3} = E_{P_1}$ (Referencial em P_3)

$\frac{m\,v_3^2}{2} = m\,g\,(h_1 - h_3) \Rightarrow \frac{v_3^2}{2} = 10\,(8{,}0 - 3{,}0)$

Da qual: $\boxed{v_3 = 10\text{ m/s}}$

Resposta: 10 m/s

67. Deve haver conservação de quantidade de movimento e de energia cinética.
Resposta: c

68.

I. $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow 2\,m\,v_B' + m\,v_A' = m\,60$

Da qual: $\boxed{2v_B' + v_A' = 60}$ (I)

II. $e = \dfrac{|V_{r_{af}}|}{|V_{r_{ap}}|} \Rightarrow 1{,}0 = \dfrac{v_B' - v_A'}{60}$

$\boxed{v_B' - v_A' = 60}$ (II)

III. De (I) e (II): $3v_B' = 120$

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

IV. $E_C = \dfrac{m\,v^2}{2}$

$$\frac{E_B}{E_A} = \frac{\dfrac{2\,m\,(40)^2}{2}}{\dfrac{m\,(60)^2}{2}} = 2\left(\frac{2}{3}\right)^2$$

Da qual: $\boxed{E_B = \dfrac{8}{9}E_A}$

Resposta: b

69.

1ª colisão entre **A** e **B**:

$2\,M\,v_A + M\,v_B = 2\,M\,9{,}0$

$2v_A + v_B = 18$ (I)

$e = \dfrac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} \Rightarrow 1{,}0 = \dfrac{v_B - v_A}{9{,}0}$

$v_B - v_A = 9{,}0$ (II)

De I – II: $3\,v_A = 9{,}0$

$\boxed{v_A = 3{,}0\text{ m/s}}$ e $\boxed{v_B = 12\text{ m/s}}$

Colisão entre **B** e **C**:

Como o choque é unidimensional e elástico entre massas iguais, os blocos trocam de velocidades. Logo:

$\boxed{v_B' = 0}$ e $\boxed{v_C = 12\text{ m/s}}$

2ª colisão entre **A** e **B**:
$2M\,v_A' + M\,v_B'' = 2M\,3{,}0$

$2v_A' + v_B'' = 6{,}0$ (III)

$e = \dfrac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} \Rightarrow 1{,}0 = \dfrac{v_B'' - v_A'}{3{,}0}$

$v_B'' - v_A' = 3{,}0$ (IV)

De III – IV: $3v_A' = 3{,}0$

$\boxed{v_A' = 1{,}0\text{ m/s}}$ e $\boxed{v_B'' = 4{,}0\text{ m/s}}$

Resposta: Bloco A: 1,0 m/s; bloco B: 4,0 m/s; bloco C: 12 m/s

71.

- $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow 3\,mv_B' + mv_A' = m15 + 3\,m\,5{,}0$

  Da qual: $\boxed{3v_B' + v_A' = 30}$ (I)

- $e = \dfrac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} \Rightarrow 0{,}2 = \dfrac{v_B' - v_A'}{15 - 5{,}0}$

  $\boxed{v_B' - v_A' = 2{,}0}$ (II)

- De I + II: $4\,v_B' = 32 \Rightarrow \boxed{v_B' = 8{,}0\text{ m/s}}$

  $3 \cdot 8{,}0 + v_A' = 30 \Rightarrow \boxed{v_A' = 6{,}0\text{ m/s}}$

Respostas: Carrinho **A**: 6,0 m/s; carrinho **B**: 8,0 m/s.

72.

a) $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$

$3{,}0\,v_1' + 2{,}0\,v_2' = 3{,}0 \cdot 2{,}0 + 2{,}0 \cdot (-8{,}0)$

$3{,}0\,v_1' + 2{,}0\,v_2' = -10$ (I)

$e = \dfrac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} \Rightarrow 0{,}5 = \dfrac{v_2' - v_1'}{2{,}8 - 8{,}0} = v_2' - v_1' = 5{,}0$ (II)

De (I) e (II):

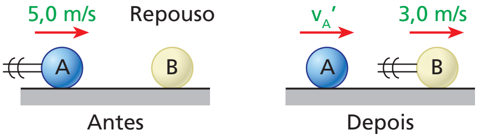
$\boxed{v_1' = -4{,}0\text{ m/s}}$ e $\boxed{v_2' = 1{,}0\text{ m/s}}$

b) $$\frac{E_{C_f}}{E_{C_i}} = \frac{\dfrac{3{,}0\,(4{,}0)^2}{2} + \dfrac{2{,}0\,(1{,}0)^2}{2}}{\dfrac{3{,}0\,(2{,}0)^2}{2} + \dfrac{2{,}0\,(8{,}0)^2}{2}} \Rightarrow \boxed{\frac{E_{C_f}}{E_{C_i}} = \frac{5}{14}}$$

Respostas: a) Respectivamente, –4,0 m/s e 1,0 m/s; b) $\dfrac{5}{14}$

73.

a)



I. $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow 200v_A' + 300\,(3{,}0) = 200 \cdot 5{,}0$

Da qual: $\boxed{v_A' = 0{,}5\text{ cm/s}}$

II. $e = \dfrac{|V_{r_{af}}|}{|V_{r_{ap}}|} = \dfrac{3{,}0 - 0{,}5}{5{,}0} \Rightarrow \boxed{e = 0{,}5}$

b) $$\frac{E_{c_f}}{E_{c_i}} = \frac{\dfrac{200\,(0{,}5)^2}{2} + \dfrac{300\,(3{,}0)^2}{2}}{\dfrac{200\,(5{,}0)^2}{2}} = \frac{50 + 2\,700}{5\,000}$$

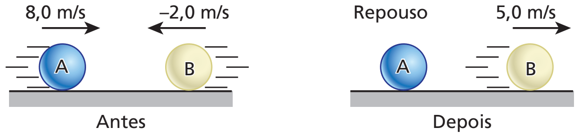
$E_{cf} = 0{,}55\,E_{C_i} \Rightarrow \boxed{E_{cf} = 55\%\,E_{C_i}}$

Houve dissipação de 45% da energia mecânica do sistema.

Respostas: a) 0,5; b) 45%

74.

a)



Antes — Depois

$$e = \frac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} = \frac{5{,}0}{8{,}0 + 2{,}0}$$

$\boxed{e = 0{,}5}$ (choque parcialmente elástico)

b) $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$

$m_B\, 5{,}0 = 7{,}0\,(8{,}0) + m_B\,(-2{,}0)$

Logo: $\boxed{m_B = 8{,}0 \text{ kg}}$

c) Aplicando-se o Teorema do Impulso à partícula **A**, vem:

$\vec{I} = \Delta\vec{Q}$

$|\vec{F}_m|\,\Delta t = m_A\,|\Delta\vec{v}_A|$

Do gráfico: $\Delta t = 2 \cdot 10^{-3}$ s, logo:

$|\vec{F}_m|\; 2 \cdot 10^{-3} = 7{,}0 \cdot 8{,}0 \Rightarrow \boxed{|\vec{F}_m| = 2{,}8 \cdot 10^4 \text{ N}}$

Respostas: a) Choque parcialmente elástico; b) 8,0 kg; c) 2,8 · 10^4 N

75.

a) Se a colisão ocorre com máxima dissipação de energia mecânica, então é totalmente inelástica.

$\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial} \Rightarrow (4{,}0 + 2{,}0)\,v = 4{,}0 \cdot 3{,}0$

$\boxed{v = 2{,}0 \text{ m/s}}$

b) $$\Delta E_C = \frac{(m_1 + m_2)\,v^2}{2} - \frac{m_1\,v_1^2}{2}$$

$$\Delta E_C = \frac{(4{,}0 + 2{,}0)\,(2{,}0)^2}{2} - \frac{4{,}0\,(3{,}0)^2}{2}$$

$\boxed{\Delta E_C = -6{,}0 \text{ J}}$

Respostas: a) 2,0 m/s; b) −6,0 J

76.

(I) Descida de X: $\dfrac{m\,V_0^{\,2}}{2} = m\,g\,H \Rightarrow V_0 = \sqrt{2\,g\,H}$

(II) Colisão totalmente inelástica: $3\,m\,V = m\,V_0 \Rightarrow 3\,V = \sqrt{2\,g\,H}$

$$V = \frac{\sqrt{2\,g\,H}}{3}$$

(III) Subida de **X**, **Y** e **Z**:

$$3\text{ mgh} = \frac{3\,m\,V^2}{2} \Rightarrow g\,h = \frac{1}{2} \cdot \frac{2\,g\,H}{9}$$

Da qual: $\boxed{h = \dfrac{H}{9}}$

Resposta: $h = \dfrac{H}{9}$

77.

(I) $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial} \Rightarrow (m_A + m_B)\,v' = m_A\,v$

$(2{,}0 + 3{,}0)\,6{,}0 = 2{,}0\,v \Rightarrow \boxed{v = 15 \text{ m/s}}$

(II) $E_e = E_{C_A} \Rightarrow \dfrac{K\,(\Delta x)^2}{2} = \dfrac{m_A\,v^2}{2}$

$5{,}0 \cdot 10^5\,(\Delta x)^2 = 2{,}0\,(15)^2 \Rightarrow \boxed{\Delta x = 3{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$

Resposta: 3,0 · 10^{-2} m

79.

a) $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow (M + m)v_2 = m\,v_1$

$(1980 + 20)\,v_2 = 20 \cdot 200 \Rightarrow \boxed{v_2 = 2{,}0 \text{ m/s}}$

b) Subida do sistema após a colisão:

$$E_{m_f} = E_{m_i} \Rightarrow (M + m)\,g\,h = \frac{(M + m)v_2^{\,2}}{2}$$

$$10\,h = \frac{(2{,}0)^2}{2} \Rightarrow \boxed{h = 0{,}20 \text{ m} = 20 \text{ cm}}$$

Respostas: a) 2,0 m/s; b) 20 cm

80.

a) $$e = \frac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} = \frac{v_{reflexão}}{v_{incidência}} = \frac{\sqrt{2\,g\,h}}{\sqrt{2\,g\,H}} \Rightarrow \boxed{e = \sqrt{\frac{h}{H}}}$$

b) Se $h = H \Rightarrow e = 1 \Rightarrow$ elástico.
Se $0 < h < H \Rightarrow 0 < e < 1 \Rightarrow$ parcialmente elástico.
Se $h = 0 \Rightarrow e = 0 \Rightarrow$ totalmente inelástico.

Respostas:

a) $e = \sqrt{\dfrac{h}{H}}$; b) $h = H$: elástico; $0 < h < H$: parcialmente elástico e $h = 0$: totalmente inelástico.

Página 383

81.

Para a comparação das intensidades médias das forças exercidas na cabeça de João nas súbitas freadas, recomenda-se aplicar o **Teorema do Impulso**.

$\vec{I} = \Delta\vec{Q} \Rightarrow \vec{F}_m\,\Delta t = \Delta\vec{Q}$

Da qual: $|\vec{F}_m| = \dfrac{|\Delta\vec{Q}|}{\Delta t}$

Nos dois casos, a variação da quantidade de movimento $\Delta\vec{Q}$ é a mesma. Logo:

Com *air bag*: $|\vec{F}_1| = \dfrac{|\Delta\vec{Q}|}{0{,}5}$

Sem *air bag*: $|\vec{F}_2| = \dfrac{|\Delta\vec{Q}|}{0{,}05}$

Portanto: $\boxed{|\vec{F}_1| = \dfrac{|\vec{F}_2|}{10}}$

Resposta: a

82.

a) $E_{m_f} = E_{m_i} \Rightarrow \dfrac{m\,V^2}{2} = m\,g\,h$

$V = \sqrt{2\,g\,h} \Rightarrow V = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5{,}0}$ (m/s)

$\boxed{V = 10 \text{ m/s}}$

b) Aplicando-se o Teorema do Impulso à frenagem do saco quando de sua colisão com a tábua, vem:

$\vec{I}_{total} = \Delta\vec{Q} \Rightarrow -(F - P)\Delta t = -m\,V$

$(F - 20 \cdot 10)\; 5{,}0 \cdot 10^{-2} = 20 \cdot 10$

Da qual: $\boxed{F = 4{,}2 \cdot 10^3 \text{ N}}$

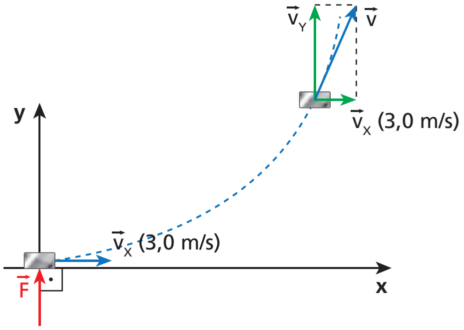
c) $$p = \frac{F}{A} = \frac{F}{na}$$

$$p = \frac{4{,}2 \cdot 10^3}{400 \cdot 4{,}0 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow \boxed{p = 262,\,5 \text{ N/cm}^2}$$

Respostas: a) 10 m/s; b) 4,2 · 10^3 N; c) 262,5 N/cm²

83.

(I) Correta



Teorema do Impulso em **y**:

$\vec{I}_y = \Delta\vec{Q}_y \Rightarrow (\text{área}_{F \times t}) = m\, v_y$

$\dfrac{(6{,}0 + 2{,}0)\, 10{,}0}{2} = 10{,}0 v_y \Rightarrow \boxed{v_y = 4{,}0 \text{ m/s}}$

Teorema de Pitágoras:

$v^2 = v_x^{\,2} + v_y^{\,2} \Rightarrow v^2 = (3{,}0)^2 + (4{,}0)^2 \Rightarrow \boxed{v^2 = 25{,}0\ (\text{m/s})^2}$

Energia Cinética em t = 6,0 s:

$E_C = \dfrac{m\, v^2}{2} \Rightarrow E_C = \dfrac{10{,}0 \cdot 25{,}0}{2}\ (\text{J}) \Rightarrow \boxed{E_C = 125 \text{ J}}$

(II) Correta

Teorema da Energia Cinética:

$\tau = \dfrac{m\, v^2}{2} - \dfrac{m\, v_X^{\,2}}{2} \Rightarrow \tau = \dfrac{10{,}0}{2}(25{,}0 - 9{,}0)\ (\text{J})$

$\boxed{\tau = 80{,}0 \text{ J}}$

(III) Incorreta

Em $t = 6{,}0$ s: $Q = mv \Rightarrow Q = 10{,}0 \cdot 5{,}0\ (\text{kg} \cdot \text{m/s})$

$\boxed{Q = 50{,}0 \text{ kg} \cdot \text{m/s}}$

Resposta: a

84.

A quantidade de movimento horizontal do sistema deve se manter constante.

$\vec{Q}_{H_f} = \vec{Q}_{H_i} \Rightarrow \vec{Q}_{H_p} + \vec{Q}_{H_B} = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_{H_p} = -\vec{Q}_{H_B}$

Em módulo: $Q_{H_p} = Q_{H_B} \Rightarrow M\, v_1 = m\,(v \cos\alpha - v_1)$

$Mv_1 = M\, v \cos\alpha - m\, v_1 \Rightarrow v_1\,(M + m) = m\, v \cos\alpha$

Da qual: $\boxed{v_1 = \dfrac{m}{M + m}\, v \cos\alpha}$

Resposta: c

85.

a) $|\vec{I}| = m|\Delta\vec{v}| \Rightarrow |\vec{F}|\, \Delta t = m\, |\Delta\vec{v}|$

$5{,}0 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-2} = 0{,}50\, |\Delta\vec{v}|$

$|\Delta\vec{v}| = 100 \text{ m/s}$

$(|\Delta\vec{v}|)^2 = (|\vec{v}_i|)^2 + (|\vec{v}_f|)^2 \Rightarrow (100)^2 = (80)^2 + (|\vec{v}_f|)^2$

Da qual: $\boxed{(|\vec{v}_f|) = 60 \text{ m/s}}$

b) $E_{dis} = E_{C_i} - E_{C_f} = \dfrac{0{,}50}{2}\,[(80)^2 - (60)^2]$

Assim: $\boxed{E_{dis} = 7{,}0 \cdot 10^2 \text{ J}}$

Respostas: a) 60 m/s; b) $7{,}0 \cdot 10^2$ J

86.

a) $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial} = \vec{0}$

$\vec{Q}_H + \vec{Q}_B = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_B = -\vec{Q}_H$

Em módulo:

$Q_B = Q_H$

$160 v_B = 80 \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{v_B = 1{,}0 \text{ m/s}}$

b) Teorema da energia cinética para o barco:

$\tau = \dfrac{M\, v_B^{\,2}}{2} - \dfrac{M\, v_{0_B}^{\;2}}{2}$

$\tau = \dfrac{160\,(1{,}0)^2}{2} \Rightarrow \boxed{\tau = 80 \text{ J}}$

Respostas: a) 1,0 m/s; b) 80 J

87.

$\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$

$12 \cdot 10^3\, v_A' + 8{,}0 \cdot 5{,}0 \cdot 10^2 = 12 \cdot 10^3\, v_A + \underbrace{8{,}0\, v_A}_{\text{desprezível}}$

$12 \cdot 10^3\,(v_A - v_A') = 4{,}0 \cdot 10^3$

$\boxed{v_A - v_A' \cong 0{,}33 \text{ m/s} \cong 1{,}2 \text{ km/h}}$

Resposta: Aproximadamente 1,2 km/h

88.

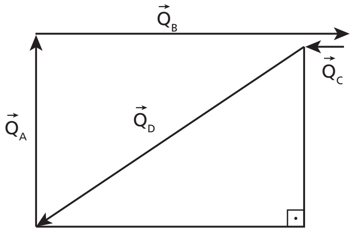
$\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$

$\vec{Q}_A + \vec{Q}_B + \vec{Q}_C + \vec{Q}_D = \vec{0}$

$Q_A = m_A\, v_A = 3{,}0 \cdot 100 = 300 \text{ kg } \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$

$Q_B = m_B\, v_B = 2{,}5 \cdot 200 = 500 \text{ kg } \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$

$Q_C = m_C\, v_C = 2{,}0 \cdot 50 = 100 \text{ kg } \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$



Teorema de Pitágoras:

$Q_D^{\,2} = (Q_B - Q_C)^2 + Q_A^{\,2} \Rightarrow Q_D^{\,2} = (400)^2 + (300)^2 \Rightarrow Q_D = 500 \text{ kg } \dfrac{\text{m}}{\text{s}}$

$m_D\, v_D = Q_D \Rightarrow 4{,}0\, v_D = 500$

Da qual: $\boxed{v_D = 125 \text{ m/s}}$

Resposta: a

89.

a) $E_{m_P} = E_{m_\infty} \Rightarrow \dfrac{-G\,M\,m}{R_0} + \dfrac{2\,m\,v_0^{\,2}}{2} = 0$

Do qual: $\boxed{v_0 = \sqrt{\dfrac{2\,G\,M}{R_0}}}$

b) $F_{cp} = F \Rightarrow \dfrac{m\, v_N^{\,2}}{R_0} = \dfrac{G\,M\,m}{R_0^{\,2}}$

Assim: $\boxed{v_N = \sqrt{\dfrac{G\,M}{R_0}}}$

c) $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial} \Rightarrow m\,v_N + m\,v_A = 2\,m \cdot v_0$

$v_A = 2\,v_0 - v_N$

Substituindo-se os valores calculados para v_0 e v_N:

$$v_A = 2\sqrt{\frac{2\,G\,M}{R_0}} - \sqrt{\frac{G\,M}{R_0}}$$

Da qual: $\boxed{v_A = (\sqrt{8} - 1)\sqrt{\frac{G\,M}{R_0}}}$

Respostas:

a) $v_0 = \sqrt{\frac{2\,G\,M}{R_0}}$; b) $v_N = \sqrt{\frac{G\,M}{R_0}}$; c) $v_A = (\sqrt{8} - 1)\sqrt{\frac{G\,M}{R_0}}$

90.

a) $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$

$\vec{Q}_{Th} + \vec{Q}_{He} = \vec{0} \Rightarrow \vec{Q}_{Th} = -\vec{Q}_{He}$

Em módulo:

$Q_{Th} + Q_{He} \Rightarrow M_{Th}\,v_{Th} = M_{He}\,v_{He} \Rightarrow 228\,v_{Th} = 4\,v_{He}$

$v_{Th} = \frac{v_{He}}{57}$ (I)

Mas, $E_{Th} + E_{He} = 5{,}40$ MeV, logo:

$\frac{228\,v_{Th}^2}{2} + E_{He} = 5{,}40$ (II)

(I) em (II):

$$114\left(\frac{v_{He}}{57}\right)^2 + E_{He} = 5{,}40$$

$$\frac{2}{57}\,\frac{2\,E_{He}}{M_{He}} + E_{He} = 5{,}40$$

$$\frac{4\,E_{He}}{57 \cdot 4} + E_{He} = 5{,}40 \Rightarrow 58\,E_{He} = 57 \cdot 5{,}40$$

Da qual: $\boxed{E_{He} \cong 5{,}31\ \text{MeV}}$

Resposta: Aproximadamente 5,31 MeV.

91.

Em módulo:

$Q_B = Q_A \Rightarrow 2\,m\,v_B = m\,v_A \Rightarrow v_A = 2\,v_B$ (I)

Sistema conservativo: $\frac{2\,m\,v_B^2}{2} + \frac{m\,v_A^2}{2} = m\,g\,H$ (II)

Substituindo (I) em (II): $2\,v_B^2 + 4\,v_B^2 = 2 \cdot 10 \cdot 1{,}2$

Da qual: $\boxed{v_B = 2{,}0\ \text{m/s}}$

Resposta: a

92.

(I) $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial} \Rightarrow (m_1 + m_2)\,v = m_1\,v_1 + m_2\,v_2$

$(2{,}0 + 4{,}0)\,v = 2{,}0\,(9{,}0) + 4{,}0\,(-6{,}0)$

Da qual: $\boxed{v = -1{,}0\ \text{m/s}}$

(II) Partícula 1:

$\vec{I}_1 = \Delta\vec{Q}_1 \Rightarrow |\vec{I}_1| = m_1\,|\Delta\vec{V}_1|$

$|\vec{I}_1| = 2{,}0\,|-1{,}0 - 9{,}0|\ (\text{N} \cdot \text{s})$

Donde: $\boxed{|\vec{I}_1| = 20\ \text{N} \cdot \text{s}}$

Resposta: d

93.

a) Descida de **A**: $\frac{m_A\,v_A^2}{2} = m_A\,g\,h$

$v_A = \sqrt{2\,g\,h} \Rightarrow v_A = \sqrt{2 \cdot 10{,}0 \cdot 0{,}80}$ (m/s)

$\boxed{v_A = 4{,}0\ \text{m/s}}$

Numa colisão unidimensional elástica entre massas iguais, os corpos trocam de velocidades, logo:

$\boxed{v_B = v_A = 4{,}0\ \text{m/s}}$

b) A energia cinética com que o bloco **B** é lançado após a colisão transforma-se em energia potencial elástica na mola.

$\frac{kx^2}{2} = \frac{m_B\,v_B^2}{2} \Rightarrow 4{,}0x^2 = 3{,}0\,(4{,}0)^2$

$x = \sqrt{12{,}0} \Rightarrow x = 2{,}0\sqrt{3}$ m

$\boxed{x \cong 3{,}5\ \text{m}}$

c) Distância percorrida pelo bloco **B** até parar pela ação do atrito.

$$\tau_{F_{at}} = \frac{m_B\,v^2}{2} - \frac{m_B\,v_B^2}{2} \Rightarrow F_{at}\,d'\cos(180°) = -\frac{m_B\,v_B^2}{2}$$

$$-\mu_C\,m_B\,g\,d' = -\frac{m_B\,v_B^2}{2} \Rightarrow d' = \frac{v_B^2}{2\,\mu_C\,g}$$

$d' = \frac{(4{,}0)^2}{2 \cdot 0{,}40 \cdot 10}$ (m) $\Rightarrow \boxed{d' = 2{,}0\ \text{m}}$

Sendo $d' < d$ (2,0 m < 3,0 m), o bloco para antes da mola e esta não será comprimida pelo bloco **B**.

Respostas: a) 4,0 m/s; b) Aproximadamente 3,5 m; c) 2,0 m e a mola não será comprimida.

94.

(I) $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$

$M_A\,v_A' + M_B\,v_B' = M_A\,v_A + M_B\,v_B$

$3\,m\,v_A' + m\,v_0 = 3\,m\,v_0 + m\,(-v_0)$

Logo: $\boxed{v_A' = \frac{v_0}{3}}$

(II) $v_{rel} = \frac{\Delta s_{rel}}{\Delta t} \Rightarrow v_B' - v_A' = \frac{\Delta s_{rel}}{\Delta t}$

$$v_0 - \frac{v_0}{3} = \frac{2\,\pi\,R}{\Delta t}$$

Da qual: $\boxed{\Delta t = \frac{3\,\pi\,R}{v_0}}$

(III) Bola **B**:

$\Delta s_B = v_B'\,\Delta t$

$\Delta s_B = v_0\,\frac{3\,\pi\,R}{v_0}$

$\boxed{\Delta s_B = 3\,\pi\,R}$

A bola **B** percorre a partir da posição **1** uma volta e meia, atingindo a bola **A** por trás na posição **5**, onde ocorre o segundo choque entre as bolas.

Resposta: b

95.

a) $E_{m_f} = E_{m_i} \Rightarrow \frac{m\,v_0^2}{2} = m\,g\,h \Rightarrow v_0 = \sqrt{2\,g\,h} = \sqrt{2\;10\;0{,}20}$ (m/s)

Assim: $\boxed{v_0 = 2{,}0\ \text{m/s}}$

b) Como as partículas realizam um choque unidimensional elástico e suas massas são iguais, ocorre troca de velocidades. Logo:

$$\boxed{v_B = v_0 = 2{,}0 \text{ m/s}}$$

c) Teorema da energia cinética para o escorregamento do bloco:

$$\tau_{\vec{F}_{at}} = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_B^{\;2}}{2} \Rightarrow -\mu\, m\, g\, d = 0 - \frac{m\,v_B^{\;2}}{2}$$

$$d = \frac{v_B^{\;2}}{2\,\mu\, g} = \frac{(2{,}0)^2}{2 \cdot 0{,}20 \cdot 10}\ (\text{m})$$

Logo: $\boxed{d = 1{,}0 \text{ m}}$

Como $d < x$ (1,0 m < 1,5 m), o bloco não atinge a caçapa.

Respostas:

a) 2,0 m/s; b) 2,0 m/s; c) 1,0 m, e o bloco não atinge a caçapa.

96.

a) $\tau_{\vec{F}} = |\vec{F}|\,|\vec{d}|\cos 0°$

$\tau_{\vec{F}} = 25 \cdot 4{,}0\ (\text{J})$

$$\boxed{\tau_{\vec{F}} = 1{,}0 \cdot 10^2 \text{ J}}$$

b) Teorema da energia cinética aplicado à poltrona:

$$\tau_{\vec{F}} + \tau_{\vec{P}} = \frac{m\,v^2}{2} - \frac{m\,v_0^{\;2}}{2} \Rightarrow 1{,}0 \cdot 10^2 + 10 \cdot 10 \cdot 0{,}80 = \frac{10\,v^2}{2}$$

Logo: $\boxed{v = 6{,}0 \text{ m/s}}$

c) $\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial}$

$(m_M + m_P)\, v' = m_P\, v$

$(50 + 10)\, v' = 10 \cdot 6{,}0$

Da qual: $\boxed{v' = 1{,}0 \text{ m/s}}$

Respostas: a) $1{,}0 \cdot 10^2$ J; b) v = 6,0 m/s; c) v' = 1,0 m/s

97.

a) Movimento balístico:

Na vertical: MUV

$$R = \frac{g}{2}\, t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2\,R}{g}}$$

Na horizontal: MU

$$v = \frac{R}{t} = \frac{R}{\sqrt{\frac{2\,R}{g}}} \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\frac{g\,R}{2}}}$$

b) Movimento da bola 1:

$E_{m_B} = E_{m_0}$ (referencial em B):

$$\frac{M_1\, v_1^{\;2}}{2} = M_1\, g\, H \Rightarrow v_1 = \sqrt{2\,g\,h}$$

Colisão totalmente inelástica:

$\vec{Q}_{final} = \vec{Q}_{inicial} \Rightarrow (M_1 + M_2)\, v = M_1\, v_1$

$$(M_1 + M_2)\sqrt{\frac{g\,R}{2}} = M_1\,\sqrt{2\,g\,h}$$

Da qual: $\boxed{H = \frac{R}{4}\left(1 + \frac{M_2}{M_1}\right)^2}$

Respostas: a) $v = \sqrt{\frac{g\,R}{2}}$; b) $H = \frac{R}{4}\left(1 + \frac{M_2}{M_1}\right)^2$

98.

a) (I) $\frac{m\,v_1^{\;2}}{2} = m\,g\,R$

$v_1 = \sqrt{2\,g\,R} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}45} \Rightarrow \boxed{v_1 = 3{,}0 \text{ m/s}}$

(II) $m\,v_1' + 2\,m\,v_2' = m\,3{,}0 \Rightarrow v_1' + 2\,v_2' = 3{,}0$

$$e = \frac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} \Rightarrow 1 = \frac{v_2' - v_1'}{3{,}0} \Rightarrow v_2' - v_1' = 3{,}0$$

Resolvendo o sistema, obtém-se:

$v_1' = -1{,}0$ m/s e $v_2' = 2{,}0$ m/s

(III) $$\frac{2\,m\,v_2''^2}{2} = \frac{2\,m\,v_2'^2}{2} + 2\,m\,g\,h$$

$$v_2'' = \sqrt{v_2'^2 + 2\,g\,h} = \sqrt{(2{,}0)^2 + 2 \cdot 10 \cdot 0{,}80}\ (\text{m/s})$$

Da qual: $\boxed{v_2'' \cong 4{,}5 \text{ m/s}}$

b) $m\,g\,h' = \frac{m\,v_1'^2}{2} \Rightarrow 10\,h' = \frac{(-1{,}0)^2}{2}$

$$\boxed{h' = 0{,}050 \text{ m} = 5{,}0 \text{ cm}}$$

c) Na vertical: MUV

$$h = \frac{g}{2}\, t^2 \Rightarrow 0{,}80 = \frac{10}{2}\, t^2 \Rightarrow t = 0{,}40 \text{ s}$$

Na horizontal: MU

$x_1 = v_1'\, t = 1{,}0 \cdot 0{,}40\ (\text{m}) = 0{,}40$ m

Observe que a partícula de massa m, ao retornar depois da colisão, inicia seu movimento balístico com velocidade escalar igual a 1,0 m/s.

$x_2 = v_2'\, t = 2{,}0 \cdot 0{,}40\ (\text{m}) = 0{,}80$ m

$d = x_2 - x_1 \Rightarrow d = 0{,}80 - 0{,}40$ (em metros)

Logo: $\boxed{d = 40{,}0 \text{ cm}}$

Respostas: a) 4,5 m/s; b) 5,0 cm; c) 40,0 cm

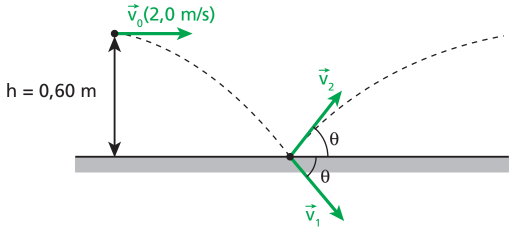
99.

(I) Cálculo de v_{1_Y}:

Na vertical: MUV

$$v_{1_Y}^{\;2} = v_{0_Y}^{\;2} + 2 \cdot \alpha_Y \cdot \Delta y$$

$$v_{1_Y}^{\;2} = 0 + 2 \cdot 10 \cdot 0{,}60 \Rightarrow \boxed{v_{1_Y} = 2{,}0\sqrt{3} \text{ m/s}}$$



(II) Cálculo de v_{1_X}:

Na horizontal: MU

$$\boxed{v_{1_X} = v_0 = 2{,}0 \text{ m/s}}$$

(III) Cálculo de θ:

$$\text{tg}\,\theta = \frac{v_{1_Y}}{v_{1_X}} = \frac{2{,}0\sqrt{3}}{2{,}0} \Rightarrow \text{tg}\,\theta = \sqrt{3}$$

Logo: $\boxed{\theta = 60°}$

(IV) Cálculo de v_1:

Teorema de Pitágoras:

$$v_1^2 = v_{1_x}^2 + v_{1_y}^2$$

$$v_1^2 = (2{,}0)^2 + (2{,}0\sqrt{3})^2$$

Logo: $\boxed{v_1 = 4{,}0 \text{ m/s}}$

(V) Colisão elástica: $\boxed{v_2 = v_1 = 4{,}0 \text{ m/s}}$

Resposta: c

100.

(I) Cálculo do tempo de subida:

Na vertical: MUV

$$v_Y = v_{0_Y} + \alpha_Y t$$

$$0 = 25 \text{ sen } 37° - 10\, t_1$$

$$t_1 = \frac{25 \cdot 0{,}60}{10} \text{ (s)} \Rightarrow \boxed{t_1 = 1{,}5 \text{ s}}$$

(II) Cálculo da distância horizontal percorrida na subida:

Na horizontal: MU

$$D_1 = v_{0_X} t_1 \Rightarrow D_1 = 25 \cos 37° \cdot 1{,}5 \text{ (m)} \Rightarrow \boxed{D_1 = 30 \text{ m}}$$

(III)Colisão:

$$\vec{Q}_{\text{final}} = \vec{Q}_{\text{inicial}}$$

$$(M + m)\, v_1 = M\, v_{0_X}$$

$$(60 + 40)\, v_1 = 60 \cdot 25 \cos 37°$$

Assim: $\boxed{v_1 = 12 \text{ m/s}}$

(IV)Cálculo da distância horizontal percorrida na descida:

$$D_2 = v_1\, t_1 \Rightarrow D_2 = 12 \cdot 1{,}5 \text{ (m)}$$

$$\boxed{D_2 = 18 \text{ m}}$$

Nota: Observe que os tempos de subida e de descida são iguais.

(V) Cálculo de A:

$$A = D_1 + D_2 \Rightarrow A = 30 + 18 \text{ (m)} \Rightarrow \boxed{A = 48 \text{ m}}$$

Resposta: b

101.

a) Se a direção OP forma 45° com as direções dos movimentos iniciais do automóvel e do caminhão, tem-se que:

$$Q_A = Q_B \Rightarrow M\, v_A = 4\, M\, 30{,}0$$

$$\boxed{v_A = 120 \text{ km/h}}$$

A afirmação do motorista do automóvel é **falsa**.

b) Considerando a conservação da quantidade de movimento na direção do movimento inicial do automóvel, temos:

$$5\, m\, v \cos 45° = m\, 120 \Rightarrow \boxed{v \cong 33{,}9 \text{ km/h}}$$

Respostas: a) A afirmação do motorista do automóvel é **falsa**, pois sua velocidade era de 120 km/h; b) Aproximadamente, 33,9 km/h.

102.

a) Conservação da quantidade de movimento do conjunto carro-roda na direção transversal à pista:

$$\vec{Q}_{f_Y} = \vec{Q}_{i_Y} \Rightarrow (m_C + m_R)\, v_Y = m_R\, v_{R_Y}$$

$$(900 + 100)\, v_Y = 100 \cdot 72 \text{ sen } 30°$$

Do qual: $\boxed{v_Y = 3{,}6 \text{ km/h} = 1{,}0 \text{ m/s}}$

b) (I) Conservação da quantidade de movimento do conjunto carro-roda na direção da pista:

$$\vec{Q}_{f_X} = \vec{Q}_{i_X} \Rightarrow (m_C + m_R)\, v_X = m_C\, v_{C_X} + m_R\, v_{R_X}$$

$$(900 + 100)\, v_X = 900 \cdot \frac{90}{3{,}6} + 100\left(\frac{-72}{3{,}6} \cos 30°\right)$$

$$v_X = 22{,}5 - 1{,}74 \text{ (m/s)} \Rightarrow \boxed{v_X = 20{,}76 \text{ m/s}}$$

(II) Teorema de Pitágoras:

$$v^2 = v_X^2 + v_Y^2 \Rightarrow v^2 = (20{,}76)^2 + (10)^2$$

$$\boxed{v^2 \cong 431{,}98 \text{ (m/s)}^2}$$

(III) $$E_C = \frac{(m_C + m_R)\, v^2}{2} \Rightarrow E_C = \frac{(900 + 100) \cdot 431{,}98}{2} \text{ (J)}$$

Logo: $\boxed{E_C \cong 2{,}16 \cdot 10^5 \text{ J}}$

Respostas: a) 1,0 m/s; b) Aproximadamente $2{,}16 \cdot 10^5$ J

103.

a) $$v_A = \sqrt{2\, g\, h} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3{,}2} \text{ (m/s)} \Rightarrow v_A = 8{,}0 \text{ m/s}$$

$$e = \frac{|v_{r_{af}}|}{|v_{r_{ap}}|} \Rightarrow \frac{1}{4} = \frac{v'_B - v'_A}{8{,}0}$$

$$v_B' - v_A' = 2{,}0 \quad \text{(I)}$$

$$\vec{Q}_{\text{final}} = \vec{Q}_{\text{inicial}} \Rightarrow m\, v'_B + m\, v'_A = m\, 8{,}0$$

$$v'_B + v'_A = 8{,}0 \quad \text{(II)}$$

De (I) e (II):

$$\boxed{v'_A = 3{,}0 \text{ m/s};\ v'_B = 5{,}0 \text{ m/s}}$$

b) $$\frac{m\, v^2}{2} = m\, g\, h \Rightarrow h = \frac{v^2}{2\, g}$$

$$\frac{h_A}{h_B} = \left(\frac{v_A'}{v_B'}\right)^2 = \left(\frac{3{,}0}{5{,}0}\right)^2 \Rightarrow \boxed{\frac{h_A}{h_B} = \frac{9}{25}}$$

c) $$\frac{E_{C_f}}{E_{C_i}} = \frac{\dfrac{m\,(3{,}0)^2}{2} + \dfrac{m\,(5{,}0)^2}{2}}{\dfrac{m\,(8{,}0)^2}{2}} \Rightarrow \boxed{\frac{E_{C_f}}{E_{C_i}} = \frac{17}{32}}$$

Respostas: a) 3,0 m/s e 5,0 m/s; b) $\frac{9}{25}$; c) $\frac{17}{32}$

104.

(I) $$\vec{Q}_{\text{final}} = \vec{Q}_{\text{inicial}} \Rightarrow (132 + 12)\, v = 12 \cdot 200 \Rightarrow v = \frac{50}{3} \text{ m/s}$$

(II) $$E_{P_e} = E_C \Rightarrow \frac{1{,}6 \cdot 10^4\ (\Delta x)^2}{2} = \frac{144 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\dfrac{50}{2}\right)^2}{2} \text{ (J)}$$

Da qual: $\boxed{\Delta x = 0{,}050 \text{ m} = 5{,}0 \text{ cm}}$

Resposta: 5,0 cm

105.

a) $$F_{e_{\text{máx}}} = F_{at_d} \Rightarrow k\, x_0 = \mu\, M\, g \Rightarrow x_0 = \frac{\mu\, M\, g}{k} \quad \text{(I)}$$

$$E_P = E_e \Rightarrow M\, g\, h_0 = \frac{k\, x_0^2}{2} \quad \text{(II)}$$

Substituindo (I) em (II), temos:

$$M\, g\, h_0 = \frac{k}{2}\left(\frac{\mu\, M\, g}{2}\right)^2 \Rightarrow \boxed{h_0 = \frac{\mu^2\, M\, g}{2\, k}}$$

b) Descida de **A**:

$$\frac{M\,v^2}{2} = M\,g\,H \Rightarrow v = \sqrt{2\,g\,H}$$

Colisão totalmente inelástica:

$$2\,M\,v' = M\,v \Rightarrow 2\,M\,v' = M\,\sqrt{2\,g\,H} \Rightarrow v' = \frac{\sqrt{2\,g\,H}}{2}$$

Conservação da energia mecânica do sistema:

$$E_{C_f} + E_{e_f} = E_{P_i} \Rightarrow \frac{2\,M\,v'^2}{2} + \frac{k\,x^2}{2} = M\,g\,H$$

$$M\left(\frac{\sqrt{2\,g\,H}}{2}\right)^2 + \frac{k\,x^2}{2} = M\,g\,H$$

Da qual: $\boxed{x = \sqrt{\frac{M\,g\,H}{k}}}$

Respostas: a) $h_0 = \frac{\mu^2\,M\,g}{2\,k}$; b) $x = \sqrt{\frac{M\,g\,H}{k}}$

106.

a) $P = mg \Rightarrow 2{,}0 \cdot 10^{-2} = m\,10$

$m = 2{,}0 \cdot 10^{-3}\,\text{kg} \Rightarrow \boxed{m = 2{,}0\,\text{g}}$

b) (I) Cálculo da velocidade de saída do solo:

$$E_C = E_P \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = mgh \Rightarrow v = \sqrt{2\,g\,h}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}20}\ (\text{m/s}) \Rightarrow \boxed{v = 2{,}0\text{m/s}}$$

(II) Cálculo do impulso de **F**:

$$I_F \cong (\text{área})_{F \times t} = \frac{0{,}5\,F_{\text{máx}}}{2} \Rightarrow \boxed{I_F = \frac{F_{\text{máx}}}{4}}$$

(III) Teoria do Impulso:

$$\vec{I}_{\text{total}} = m\vec{v} - m\vec{v}_0 \Rightarrow I_F - I_P = mv$$

$$\frac{F_{\text{máx}}}{4} - 2{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}5 = 2{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}0$$

Da qual: $\boxed{F_{\text{máx}} = 5{,}6 \cdot 10^{-2}\,\text{N}}$

Respostas: a) 2,0 g; b) $5{,}6 \cdot 10^{-2}$ N

107.

a) Velocidade vertical de incidência: $\downarrow\vec{v}_y$

$v_y^{\,2} = v_{0y}^{\,2} + 2\,\alpha_y\,h \Rightarrow v_y^{\,2} = 2 \cdot 10 \cdot 0{,}20\ (\text{m/s})^2$

$\boxed{v_y = 2{,}0\,\text{m/s}}$

Velocidade vertical de reflexão: $\uparrow\vec{v}_y{}'$

Como a altura máxima atingida depois da reflexão é igual à altura de lançamento:

$\boxed{v_y{}' = v_y = 2{,}0\,\text{m/s}}$

$$\Delta\vec{v}_y = \vec{v}_{y'} - \vec{v}_y \Rightarrow |\Delta\vec{v}_y| = |2{,}0 - (-2{,}0)|\ (\text{m/s})$$

$\boxed{|\Delta\vec{v}_y| = 4{,}0\,\text{m/s}}$

$$\Delta\vec{Q} = m\Delta\vec{v}_y \Rightarrow |\Delta\vec{Q}| = 0{,}50 \cdot 4{,}0\left(\text{g} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$\boxed{|\Delta\vec{Q}| = 2{,}0\,\text{g} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}$

b) Em $\Delta t = 1{,}0$ s: $m_E = 200$ m

$m_E = 200 \cdot 0{,}50 \cdot 10^{-3}\ (\text{kg}) \Rightarrow \boxed{m_E = 0{,}10\,\text{kg}}$

Teorema do Impulso:

$\vec{I}_{\text{total}} = \Delta\vec{Q}_E \Rightarrow \vec{F}_{\text{res}}\,\Delta t = m_E\,\Delta\vec{v}_y$

$(F_n - P_E)\,\Delta t = m_E\,\Delta v_y$

$(F_n - 0{,}10 \cdot 10)\,1{,}0 = 0{,}10 \cdot 4{,}0$

Da qual: $\boxed{F_n = 1{,}4\,\text{N}}$

$P = F_n \Rightarrow M\,g = F_n \Rightarrow M\,10 = 1{,}4$

$\boxed{M = 0{,}14\,\text{kg} = 140\,\text{g}}$

Respostas: a) $2{,}0\,\text{g} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$; b) M = 140 g

108.

(I) Teorema do Impulso:

$\vec{I} = \Delta\vec{Q} \Rightarrow \vec{I} = m\,\Delta\vec{v} \Rightarrow \vec{I} = m\,(\vec{v}_f - \vec{v})$

$-9{,}0\,\vec{i} = 1{,}5\,(\vec{v}_f - 4{,}0\,\vec{i} - 3{,}0\,\vec{j})$

$-6{,}0\,\vec{i} = \vec{v}_f - 4{,}0\,\vec{i} - 3{,}0\,\vec{j} \Rightarrow \boxed{\vec{v}_f = -2{,}0\,\vec{i} + 3{,}0\,\vec{j}}$ (m/s)

(II) Cálculo do tempo de uso até a primeira colisão com o chão:

$$\Delta y = v_{0y}t + \frac{\alpha_y}{2}\,t^2 \Rightarrow -2{,}0 = 3{,}0\,t - \frac{10}{2}\,t^2$$

$$5{,}0t^2 - 3{,}0t - 2{,}0 = 0 \Rightarrow t = \frac{3{,}0 \pm \sqrt{9{,}0 + 40}}{10} = \frac{3{,}0 \pm 7{,}0}{10}$$

$\boxed{t = 1{,}0\,\text{s}}$

(III) Cálculo de **D**:

$D = v_x t \Rightarrow D = 2{,}0 \cdot 1{,}0 \Rightarrow \boxed{D = 2{,}0\,\text{m}}$

Resposta: D = 2,0 m

109.

a) Leoa: MU $\Rightarrow s = s_0 + v\,t$

$\boxed{s_L = 8{,}0\,t}$ (SI)

Zebra: MUV $\Rightarrow s = s_0 + v_0\,t + \frac{\alpha}{2}\,t^2$

$\boxed{s_Z = 20 + 1{,}0\,t^2}$ (SI)

No encontro: $s_Z = s_L$

$20 + 1{,}0\,t^2 = 8{,}0\,t \Rightarrow 1{,}0\,t^2 - 8{,}0\,t + 20 = 0$

$\Delta = 64 - 80$; $\Delta < 0 \Rightarrow$ A equação não tem solução real.

Logo: A leoa não consegue êxito em seu ataque.

b) No instante t_1 em que a distância entre a leoa e a zebra é mínima, os dois animais têm velocidades iguais.

$v_Z = v_L \Rightarrow 2{,}0\,t_1 = 8{,}0 \Rightarrow \boxed{t_1 = 4{,}0\,\text{s}}$

Em $t_1 = 4{,}0$ s

$s_L = 8{,}0 \cdot 4{,}0 = 32$ m

$s_Z = 20 + 1{,}0\,(4{,}0)^2 = 36$ m

Logo $d_{\text{mín}} = s_Z - s_L \Rightarrow d_{\text{mín}} = 36 - 32\ (\text{m}) \Rightarrow \boxed{d_{\text{mín}} = 4{,}0\,\text{m}}$

c) $\vec{Q}_{Z,L} = \vec{Q}_Z - \vec{Q}_L$

Como os vetores têm a mesma direção e sentido, a equação vetorial pode ser escrita algebricamente:

$Q_{Z,L} = Q_Z - Q_L$

$Q_{Z,L} = m_Z\,v_Z - m_L v_L$

$Q_{Z,L} = (200 - 120)\,8{,}0\left(\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

Da qual: $\boxed{Q_{Z,L} = 640\ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}$

Respostas: a) A leoa não consegue êxito em seu ataque; b) 4,0 m; c) $640\ \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$

110.

a) A velocidade tem intensidade máxima no instante em que $F = P = m\,g$, o que significa $F = 2,0$ N.

$F = 10 - 10\,t \Rightarrow 2,0 = 10 - 10\,t \Rightarrow \boxed{t = 0,80\text{ s}}$

b) $\vec{I}_{total} = \vec{Q}_f - \vec{Q}_i \Rightarrow \vec{I}_{(\vec{F})} + \vec{I}_{(\vec{P})} = \vec{Q}_F - \vec{Q}_i$

$$\frac{1,0 \cdot 10}{2} - 0,20 \cdot 10 = 0,20\, v_F \Rightarrow \boxed{v_f = 15\text{ m/s}}$$

Respostas: a) 0,80 s; b) 15 m/s

111.

(I) Sistema isolado: $Q_C = Q_E$

$$M\,v_C = m\,v_E \Rightarrow \boxed{v_C = \frac{m}{M}\,v_E} \qquad \text{(I)}$$

(II) Sistema conservativo: $E_{m_f} = E_{m_i}$

$$\frac{M\,v_C^2}{2} + \frac{m\,v_E^2}{2} = mgL \qquad \text{(II)}$$

$$\text{(I) em (II): } \frac{M}{2}\left(\frac{m}{M}\,v_E\right)^2 + \frac{m\,v_E^2}{2} = mgL$$

$$\frac{m}{M}\,v_E^2 + v_E^2 = 2gL \Rightarrow \boxed{v_E = \sqrt{\frac{M}{M+m}\,2gL}} \qquad \text{(III)}$$

$$\text{(III) em (I): } v_C = \frac{m}{M}\sqrt{\frac{M}{M+m}\,2gL}$$

$$\text{(III) } v_{rel} = v_E + v_C$$

$$v_{rel} = \sqrt{\frac{M}{M+m}\,2gL} + \frac{m}{M}\sqrt{\frac{M}{M+m}\,2gL}$$

$$v_{rel} = \left(1 + \frac{m}{M}\right)\sqrt{\frac{M}{M+m}\,2gL}$$

$$v_{rel} = \sqrt{\frac{(M+m)^2}{M^2} \cdot \frac{M}{(M+m)}\,2gL}$$

$$\text{Assim: } \boxed{v_{rel} = \sqrt{\frac{(M+m)}{M}\,2gL}}$$

Resposta: $\sqrt{\frac{(M+m)}{M}\,2gL}$

112.

$$e = \sqrt{\frac{h}{H}} \Rightarrow h = e^2\,H$$

1º choque: $h_1 = e^2\,H$
2º choque: $h_2 = e^2\,h_1 = e^4\,H$
3º choque: $h_3 = e^2\,h_2 = e^6\,H$

$$\vdots \qquad \vdots$$

n-ésimo choque: $h_n = e^2\,h_{(n-1)} \Rightarrow \boxed{h_n = e^{2n}\,H}$

Resposta: e^{2n} H

113.

a) (I) Colisão: $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i$

$$2m\,v_B = m\,v_0 \Rightarrow v_B = \frac{v_0}{2}$$

$$v_B = \frac{10,0}{2}\text{ (m/s)} \Rightarrow \boxed{v_B = 5,0\text{ m/s}}$$

(II) No ponto **A**: $F_{cp_A} = P_{1,2}$

$$\frac{2m\,v_A^2}{R} = 2mg \Rightarrow v_A^2 = gR \Rightarrow \boxed{v_A^2 = 10,0\,R}$$

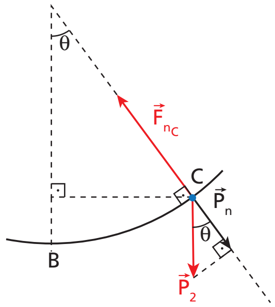
(III) $(E_{m_{1,2}})_A = (E_{m_{1,2}})_B \Rightarrow \frac{2\,m\,v_A^2}{R} + 2\,m\,g\,2R = \frac{2\,m\,v_B^2}{2}$

$$v_A^2 + 4gR = v_B^2 \Rightarrow 10,0\,R + 4 \cdot 10,0\,R = (5,0)^2$$

$$50,0\,R = 25,0 \Rightarrow \boxed{R = 0,50\text{ m/s} = 50,0\text{ cm}}$$

b) (I) $(E_{m_2})_C = (E_{m_2})_B \Rightarrow \frac{m\,v_C^2}{2} + m\,g\,h = \frac{m\,v_0^2}{2}$

$$v_C^2 + 2 \cdot 10,0 \cdot 0,25 = (10,0)^2 \Rightarrow \boxed{v_C^2 = 95,0\text{ (m/s)}^2}$$



(II) $\cos\theta = \frac{50 - 25}{50} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{\theta = 60°}$

(III) Ponto **C**: $F_{n_C} - P_n = F_{cp_C}$

$$F_{n_C} - mg\cos\theta = \frac{m\,v_C^2}{R}$$

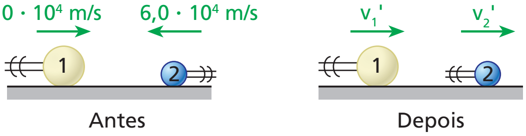
$$F_{n_C} - 2,0 \cdot 10,0 \cdot \frac{1}{2} = \frac{2,0 \cdot 95,0}{0,50}$$

$$F_{n_C} - 10,0 = 380 \Rightarrow \boxed{F_{n_C} = 390\text{ N}}$$

Respostas: a) 50,0 cm; b) 390 N

114.

As forças de repulsão eletrostástica trocadas entre as duas partículas 1 e 2 (cargas de mesmo sinal se repelem) são **internas** ao sistema e não afetam a quantidade de movimento total, que vai se manter constante antes e depois da colisão.



- $e = \frac{v_{af}}{v_{ap}} \Rightarrow 1,0 = \frac{v_1' - v_2'}{12,0 \cdot 10^4}$

$$v_1' - v_2' = 12,0 \cdot 10^4 \Rightarrow \boxed{-\,v_2' + v_1' = -\,12,0 \cdot 10^4} \qquad \text{(I)}$$

- $\vec{Q}_f = \vec{Q}_i \Rightarrow 2\,m\,v'_1 + mv'_2 = 2m\,(6,0 \cdot 10^4) + m\,(-6,0 \cdot 10^4)$

$$\boxed{2\,v_1' + v_2' = 6,0 \cdot 10^4} \qquad \text{(II)}$$

- De I e II: $3v_1' = -\,6,0 \cdot 10^4$

$$\boxed{v_1' = -\,2,0 \cdot 10^4\text{ m/s}}$$

A partícula 1 inverte o sentido do seu movimento.

De II: $2\,(-2,0 \cdot 10^4) + v_2' = 6,0 \cdot 10^4$

$$\boxed{v_2' = 10,0 \cdot 10^4\text{ m/s}}$$

Resposta: Partícula 1: $2,0 \cdot 10^4$ m/s; partícula 2: $1,0 \cdot 10^5$ m/s.

115.

a) Sendo a colisão elástica, a energia cinética total do sistema se conserva.

$$E_{C_f} = E_{C_i} \Rightarrow \frac{m\,v_A^2}{2} + \frac{m\,v_B^2}{2} = \frac{m\,v_0^2}{2} \Rightarrow \boxed{v_A^2 + v_B^2 = v_0^2}$$

Como os módulos de $\vec{v}_A$, $\vec{v}_B$ e $\vec{v}_0$ obedecem ao **Teorema de Pitágoras**, os vetores $\vec{v}_A$, $\vec{v}_B$ e $\vec{v}_0$ formam um **triângulo retângulo**, como está indicado ao lado:

Logo: $\boxed{\alpha = 90°}$

b) $v^2 + v^2 = v_0^2 \Rightarrow 2\,v^2 = v_0^2 \Rightarrow \boxed{v = \frac{\sqrt{2}}{2}\,v_0}$

Respostas: a) $\alpha = 90°$; b) $v = \frac{\sqrt{2}}{2}\,v_0$

Página 394

117.

$$\bar{x} = \frac{m_1\,x_1 + m_2\,x_2 + m_3\,x_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{2 \cdot 0 + 1 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{2 + 1 + 2}\ (m)$$

$$\boxed{\bar{x} = 1m}$$

$$\bar{y} = \frac{m_1\,y_1 + m_2\,y_2 + m_3\,y_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{2 \cdot (-1) + 1 \cdot 0 + 2 \cdot 6}{2 + 1 + 2}\ (m)$$

$$\boxed{\bar{y} = 2m}$$

O centro de massa do sistema localiza-se no ponto A.
Resposta: a

118.

a) $\bar{x} = \frac{80\,m \cdot 0 + M\,60\,R}{81\,M} \Rightarrow \boxed{\bar{x} = \frac{20}{27}\,R}$

b) Como $\frac{20}{27} < 1$, $\bar{x} < R$, o centro de massa do sistema é um ponto interno à esfera terrestre.

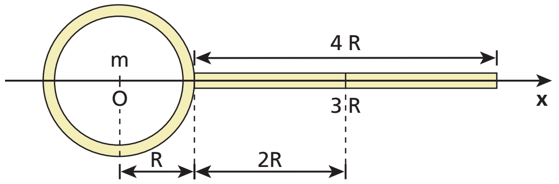
Respostas: a) $\bar{x} = \frac{20}{27}$ R; b) O centro de massa do sistema é um ponto interno à esfera terrestre, pois $\bar{x} < R$.

120.

$$\bar{x} = \frac{m_A\,x_A + m_B\,x_B}{m_A + m_B} = \frac{2{,}0 \cdot \frac{1}{8}\,\ell + 6{,}0 \cdot \frac{5}{8}\,\ell}{8{,}0} \Rightarrow \boxed{\bar{x} = \frac{1}{2}\,\ell}$$

O centro de massa coincide com o centro geométrico da barra.
Resposta: O centro de massa da barra coincide com o seu centro geométrico.

121.



$$\bar{x} = \frac{m_1\,x_1 + m_2\,x_2}{m_1 + m_2} \Rightarrow \bar{x} = \frac{m \cdot 0 + m \cdot 3\,R}{m + m}$$

Da qual: $\boxed{\bar{x} = \frac{3\,R}{2}}$

Resposta: c

122.

A reta vertical que passa pelos centros das circunferências de raios R e $\frac{R}{2}$ determina a abscissa do centro de massa da peça.

$$\boxed{\bar{x} = R}$$

Determinação da ordenada $\bar{y}$ do centro de massa da peça.

$$\bar{y} = \frac{m_1\,y_1 - m_2\,y_2}{m_1 - m_2}$$

$$\bar{y} = \frac{k\,\pi\,R^2 \cdot R - k\,\pi\left(\frac{R}{2}\right)^2 \cdot \frac{3}{2}\,R}{k\,\pi\,R^2 - k\,\pi\left(\frac{R}{2}\right)^2}$$

$$\bar{y} = \frac{R - \frac{3}{2}\,R}{\frac{3}{4}} = \frac{\frac{5}{8}\,R}{\frac{3}{4}}$$

Da qual: $\boxed{\bar{y} = \frac{5}{6}\,R}$

Resposta: $\bar{x} = R$; $\bar{y} = \frac{5}{6}\,R$

124.

$$\vec{v}_{CM} = \frac{\vec{Q}_{total}}{m_{total}} = \frac{\vec{Q}_1 + \vec{Q}_2}{m_{total}} \Rightarrow |\vec{v}_{CM}| = \frac{\sqrt{(250 \cdot 32)^2 + (150 \cdot 40)^2}}{250 + 150}\ (nós)$$

Em que: $\boxed{|\vec{v}_{CM}| = 25\ nós}$

Resposta: b

125.

$$\vec{v}_{CM} = \frac{\vec{Q}_{total}}{m_{total}} = \frac{\vec{Q}_X + \vec{Q}_Y}{m_{total}} \Rightarrow |\vec{v}_{CM}| = \frac{\sqrt{(m\,9{,}0)^2 + (m\,12)^2}}{3\,m} = \frac{m\,15}{3\,m}$$

Em que: $\boxed{|\vec{v}_{CM}| = 5{,}0\ m/s}$

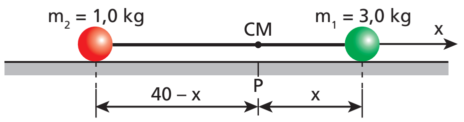
Resposta: 5,0 m/s

126.

O sistema é isolado de forças externas. Deve-se observar que as forças que os garotos recebem da corda são **internas** ao sistema. Como o centro de massa do sistema estava inicialmente em repouso, assim haverá de permanecer, mesmo que ocorra movimento relativo dos conjuntos A e B.
Resposta: Velocidade nula.

127.

Como o sistema está isento de forças externas horizontais, seu centro de massa não sofre deslocamentos nessa direção, terminando diretamente sobre o ponto P, conforme representa a figura.



$$x_{CM} = \frac{m_1\,x_1 + m_2\,x_2}{m_1 + m_2}$$

$$0 = \frac{3{,}0\,x \quad 1{,}0\,[-(40 - x)]}{3{,}0 + 1{,}0}$$

$3{,}0\,x = 40 - x \Rightarrow 4{,}0\,x = 40$

$$\boxed{x = 10\ cm}$$

Resposta: b

UNIDADE III – ESTÁTICA

Tópico 1 – Estática dos sólidos

Página 400

1.

Resposta: Elas têm intensidades iguais, direções iguais e sentidos opostos.

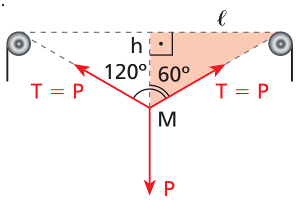
3.

Não, porque 20 N $>$ 3 N $+$ 4 N

Resposta: Não

4.

Observe o esquema:



No triângulo destacado:

$$\text{tg } 60° = \frac{\ell}{h} \Rightarrow h = \frac{\ell}{\sqrt{3}} \Rightarrow \boxed{h = \frac{\ell\sqrt{3}}{3}}$$

Resposta: $\frac{\ell\sqrt{3}}{3}$

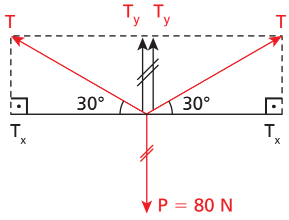
6.

$2Ty = P$

$2T \text{ sen } 30° = P$

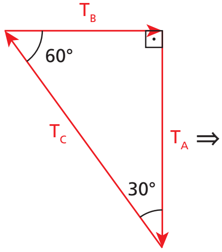
$2T \cdot \frac{1}{2} = 80 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{T = 80 \text{ N}}$



Resposta: 80 N

7.



$\Rightarrow \boxed{T_B < T_A < T_C}$

Resposta: T_B, T_A, T_C

8. As outras duas forças têm de equilibrar o peso, que é vertical. Portanto, elas não podem ser ambas horizontais.

Resposta: d

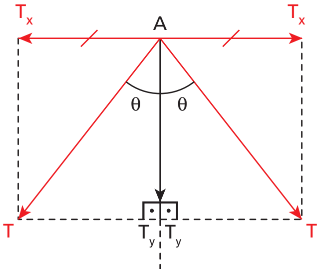
9.

$F = 2T_y = 2T \cos \theta$

$F = 2 \cdot 10 \cdot 0,85$

$\boxed{F = 17 \text{ N}}$

Resposta: 17 N



11.

Temos de supor o sistema ideal.

De baixo para cima, as intensidades das trações nos fios que sustentam a primeira, a segunda e a terceira polias são respectivamente iguais a $\frac{P}{2}$, $\frac{P}{4}$ e $\frac{P}{8}$.

Portanto: $\boxed{F = \frac{P}{8} = \frac{P}{2^3}}$

O expoente 3 é o número de polias móveis.

O ângulo α não influi na situação proposta.

Resposta: d

Página 403

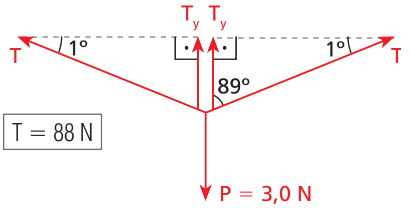
13.

$2 \text{ Ty} = P$

$2 \text{ T sen } 1° = P$

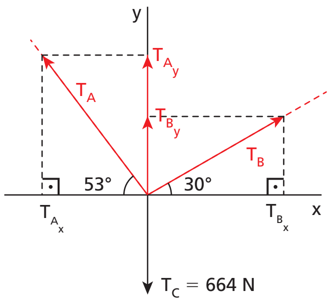
$2 \text{ T} \cdot 0,017 = 3,0 \Rightarrow \boxed{T = 88 \text{ N}}$

Resposta: 88 N



14.

- $T_C = P \Rightarrow \boxed{T_C = 664 \text{ N}}$
-



$T_{A_x} = T_{B_x} \Rightarrow T_A \cdot 0,60 = T_B \cdot 0,87$

$T_A = 1,45\, T_B$ (I)

$T_{A_y} + T_{B_y} = T_C$

$T_A \cdot 0,80 + T_B \cdot 0,50 = 664$ (II)

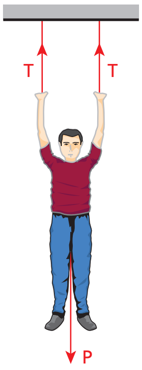
De (I) e (II):

$\boxed{T_B = 400 \text{ N}}$ e $\boxed{T_A = 580 \text{ N}}$

Resposta: T_A = 580 N, T_B = 400 N, T_C = 664 N

15.

a) Somos forçados a supor que as cordas também estão na vertical.



Do equilíbrio do atleta:

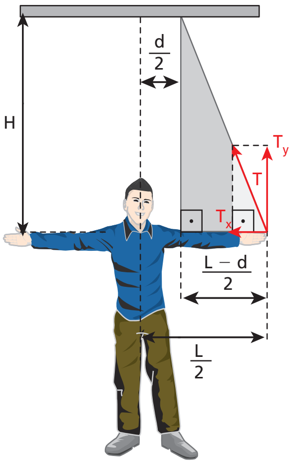
$2 \text{ T} = P$

$2 \text{ T} = m\,g$

$2 \text{ T} = 60 \cdot 10$

$\boxed{T = 300 \text{ N}}$

b) Na vertical:



$2\,T_y = P$

$2\,T_y = 600$

$T_y = 300\text{ N}$

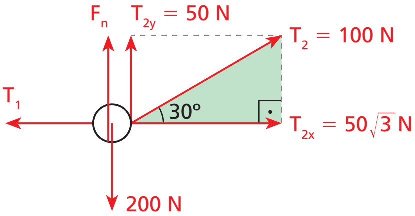
Da semelhança dos dois triângulos retângulos, temos:

$$\frac{H}{\frac{L-d}{2}} = \frac{T_y}{T_x} \Rightarrow T_x = \frac{L-d}{2}\cdot\frac{T_y}{H}$$

$$T_x = \frac{1{,}5-0{,}5}{2}\cdot\frac{300}{3{,}0} \Rightarrow \boxed{T_x = 50\text{ N}}$$

Respostas: a) 300 N; b) 50 N

17.



a) $F_n + 50 = 200 \Rightarrow F_n = 150\text{ N}$

b) $T_1 = 50\sqrt{3}\text{ N}$

c) Teríamos: $F_n = 0$ e $T_{2y} = 200\text{ N}$

$$\text{sen }30° = \frac{T_{2y}}{T_2} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{200}{T_2}$$

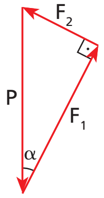
$T_2 = 400\text{ N}$

Respostas: a) 150 N; b) 50 $\sqrt{3}$ N; c) 400 N

18.

$$\cos\alpha = \frac{F_1}{P} \Rightarrow \frac{4}{5} = \frac{F_1}{100} \Rightarrow \boxed{F_1 = 80\text{ N}}$$

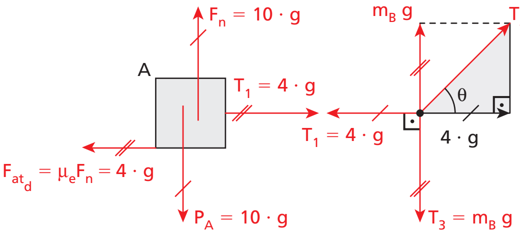
$$\text{sen }\alpha = \frac{F_2}{P} \Rightarrow \frac{3}{5} = \frac{F_2}{100} \Rightarrow \boxed{F_2 = 60\text{ N}}$$



Resposta: 80 N na rampa (1) e 60 N na rampa (2).

19.

a) e b) Na iminência de movimento, temos:



No triângulo destacado:

$$\text{tg }\theta = \frac{m_B\,g}{4\cdot g} \Rightarrow \frac{\text{sen }\theta}{\cos\theta} = \frac{m_B\,g}{4\cdot g} \Rightarrow \frac{0{,}6}{0{,}8} = \frac{m_B}{4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{m_B = 3\text{ kg}}$$

Observe que o resultado não depende da intensidade **g** do campo gravitacional.

Respostas: a) 3 kg; b) 3 kg

20.

a) • $\boxed{F_A = P}$ $\boxed{F_B = P}$ $\boxed{F_C = \frac{P}{2}}$

- No conjunto formado pela caixa, pela barra e pelas três polias inferiores:
  $6F_D = P \Rightarrow \boxed{F_D = \frac{P}{6}}$

b) Em todos os casos, o trabalho da força aplicada em **Q** é igual, pois corresponde a um mesmo fornecimento de energia potencial gravitacional P d:

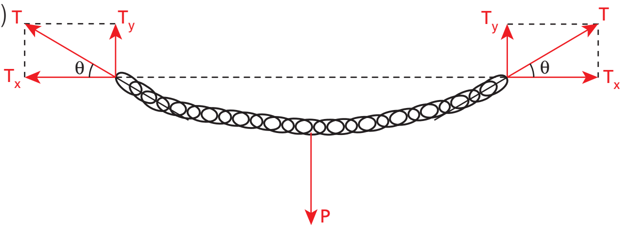
- $F_A\,d_A = P\,d \Rightarrow P\,d_A = P\,d \Rightarrow \boxed{d_A = d}$
- $F_B\,d_B = P\,d \Rightarrow P\,d_B = P\,d \Rightarrow \boxed{d_B = d}$
- $F_C\,d_C = P\,d \Rightarrow \frac{P}{2}\,d_C = P\,d \Rightarrow \boxed{d_C = 2d}$
- $F_D\,d_D = P\,d \Rightarrow \frac{P}{6}\,d_D = P\,d \Rightarrow \boxed{d_D = 6d}$

Respostas: a) $F_A = P$; $F_B = P$; $F_C = \frac{P}{2}$; $F_D = \frac{P}{6}$

b) $d_A = d$; $d_B = d$; $d_C = 2d$; $d_D = 6d$

21.

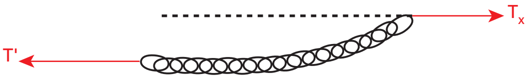
a)



$$2T_y = P \Rightarrow 2T\,\text{sen }\theta = P \Rightarrow 2T\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} = 40 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{T = 20\sqrt{2}\text{ N}}$$

b) Em uma das metades da corrente, temos, na horizontal:



$$T' = T_x = T\cos\theta = 20\sqrt{2}\cdot\frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \boxed{T' = 20\text{ N}}$$

Respostas: a) $20\sqrt{2}$ N; b) 20 N

Página 412

22.

Os braços são distâncias do polo às linhas de ação das forças.

Só a 01 está incorreta. Todas as demais afirmações estão corretas.

Resposta: (02 + 04 + 08 + 16 + 32) = 62

24.

$M_{\vec{F}_1} = -200\text{ N} \cdot 2\text{ m} = -400\text{ Nm}$

$M_{\vec{F}_2} = 0$

$M_{\vec{F}_3} = 50\text{ N} \cdot 8\text{ m} = 400\text{ Nm}$

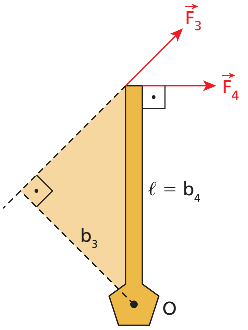
Resposta: −400 Nm, zero e 400 Nm, respectivamente.

25.

O braço máximo é igual à ℓ (hipotenusa do triângulo destacado). O braço b_3 é o cateto do mesmo triângulo.

Portanto, $\vec{F}_4$ é mais eficiente para girar o parafuso no sentido **horário**.

Resposta: $\vec{F}_4$



26.

Figura 1: $M_1 = 75\text{ kgf} \cdot 0{,}20\text{ m} = 15\text{ kgf m}$

Figura 2: $M_2 = 51\text{ kgf} \cdot 0{,}30\text{ m} = 15{,}3\text{ kgf m}$

Como $M_2 > M_1$, a moça consegue soltar o segundo parafuso.

Resposta: A moça consegue porque o torque da força de 51 kgf é mais intenso que o da força de 75 kgf.

28.

Tomando os momentos em relação à origem **O**, em valor absoluto, e operando com as massas para evitar complicações desnecessárias, temos:

$1\,000\text{ g} \cdot 20\text{ cm} = 400\text{ g} \cdot x \quad \Rightarrow \quad \boxed{x = 50\text{ cm}}$

Resposta: 50 cm

29.

a) $\Sigma M = 0$, em relação ao ponto de suspensão da barra:

$\oplus \quad +6 \cdot 2d - P_F \cdot 3d = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{P_F = 4\text{ N}}$

b) Não.

ΣM, em relação ao ponto de suspensão da barra:

$\oplus \quad +6 \cdot 2d - 3 \cdot d - 3 \cdot 2d = +3d$

Portanto, a barra vai girar no sentido anti-horário.

Respostas: a) 4 N; b) Não. A barra vai girar no sentido anti-horário.

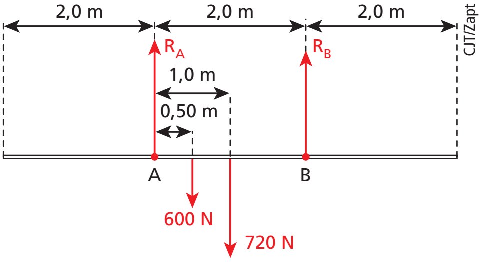
30.

- $m_4 = 10\text{ g}$
- Tomando os momentos em módulo e operando com massas, temos, de baixo para cima:
- $m_3 L = m_4 2L \quad \Rightarrow \quad m_3 = 20\text{ g e } m_3 + m_4 = 30\text{ g}$
- $m_2 L = (m_3 + m_4) 2L \quad \Rightarrow \quad m_2 = 60\text{ g e } m_2 + m_3 + m_4 = 90\text{ g}$
- $m_1 L = (m_2 + m_3 + m_4) 2L \quad \Rightarrow \quad m_1 = 180\text{ g} \quad \Rightarrow \quad \boxed{m_1 = 0{,}18\text{ kg}}$

Resposta: d

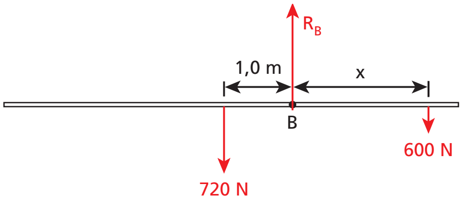
32.

a)



- Em relação a **A** (em módulo):
  $600 \cdot 0{,}50 + 720 \cdot 1{,}0 = R_B \cdot 2{,}0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{R_B = 510\text{ N}}$
- $R_A + R_B = 600 + 720 \quad \Rightarrow \quad R_A + 510 = 1\,320 \quad \Rightarrow$
  $\Rightarrow \quad \boxed{R_A = 810\text{ N}}$

b) Na iminência de a viga tombar, $R_A = 0$:



Em relação a **B**: $600x = 720 \cdot 1{,}0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{x = 1{,}2\text{ m}}$

Respostas: a) $R_A = 810\text{ N}$; $R_B = 510\text{ N}$; b) 1,2 m

33.

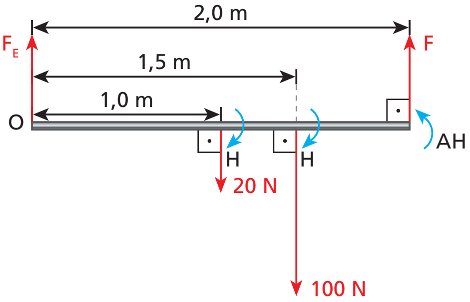
Em relação ao eixo do sistema, temos, em valor absoluto:

$F_R = M\,g\,r$

$F \cdot 40\text{ cm} = 50 \cdot 10 \cdot 10\text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \boxed{F = 125\text{ N}}$

Resposta: 125 N

34.



a) Em relação a **O**, temos, em módulo:

$20 \cdot 1{,}0 + 100 \cdot 1{,}5 = F \cdot 2{,}0 \Rightarrow \boxed{F = 85\text{ N}}$

b) A força resultante na barra é nula:

$F_E + F = 20 + 100$

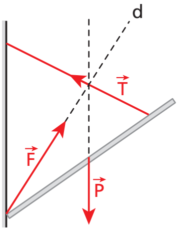
$F_E + 85 = 120 \Rightarrow \boxed{F_E = 35\text{ N}}$

Respostas: a) 85 N; b) 35 N

36.

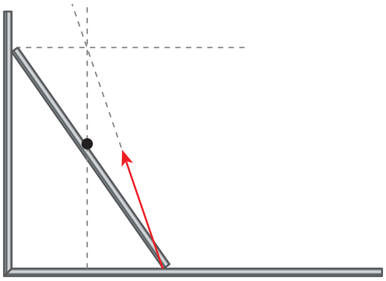
As três forças concorrem em um mesmo ponto.

Resposta: Reta **d**.



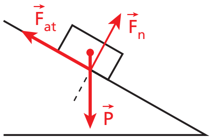
37.

Resposta:

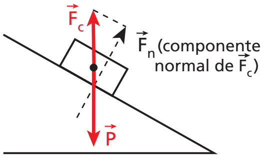


38.

- Considerando a força normal e a força de atrito como sendo **duas** forças, e lembrando que, num corpo em equilíbrio submetido a apenas **três** forças de direções diferentes, elas concorrem num mesmo ponto, temos a situação representada ao lado.



- A força de contato total $\vec{F}_c = \vec{F}_{at} + \vec{F}_n$ que o paralelepípedo recebe do plano inclinado tem de ser oposta ao peso e alinhada com ele.

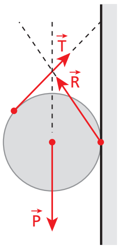


Portanto, $\vec{F}_n$ está aplicada entre **M** e **Q**.

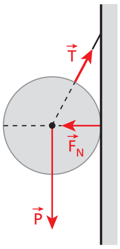
Resposta: d

39.

a) Observe que as três forças atuantes na esfera concorrem em um mesmo ponto.



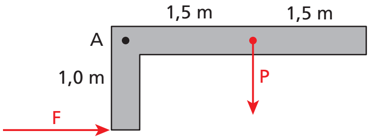
b) Se não houvesse atrito, a reação da parede seria exclusivamente normal.



Respostas: a) e b) Veja os esquemas na resolução.

40.

$$\begin{matrix} 4\text{ m} & \longrightarrow & 120\text{ N} \\ 3\text{ m} & \longrightarrow & P \end{matrix} \Rightarrow \quad P = 90\text{ N}$$



Em relação a **A**:

$P \cdot 1{,}5 = F \cdot 1{,}0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{F = 135\text{ N}}$

Observe que o peso da parte vertical da barra, por ter momento nulo em relação a **A**, não participou dos cálculos referentes ao equilíbrio de rotação.

Resposta: 135 N

41.

É possível que a barra seja homogênea, caso em que os pesos das partes AB e BC são iguais.

Entretanto, também é possível que ela não seja homogênea e tenha uma das metades mais pesada que a outra. Nesse caso, os braços dos pesos das duas metades em relação a **B** serão diferentes, mas, para estar em equilíbrio, os valores absolutos dos momentos desses pesos em relação ao referido ponto serão necessariamente iguais.

Resposta: c

42.

a) Como **b** é maior que **a**, temos que m_B é menor que m_A. Assim, para manter o equilíbrio, a criança **B** deverá estar sempre mais distante do centro da gangorra do que a criança **A**.

Portanto, **B** chega primeiro ao final da gangorra.

b) Na situação inicial de equilíbrio, temos: $m_A a = m_B b$

Após um intervalo de tempo Δt, com as crianças ainda sobre a gangorra, passamos a ter:

$$m_A (a + v_A \Delta t) = m_B (b + v_B \Delta t)$$

$$\cancel{m_A a} + m_A v_A \,\Delta t = \cancel{m_B b} + m_B v_B \,\Delta t \Rightarrow \boxed{v_A = \frac{m_B v_B}{m_A}}$$

Respostas: a) Criança **B**; b) $v_A = \dfrac{m_B v_B}{m_A}$

43.

m_1: massa de água que vaza por segundo ($m_1 = 75$ g);
m_2: massa do camundongo ($m_2 = 250$ g);
g: módulo da aceleração da gravidade;
Δs: deslocamento do camundongo em cada segundo.

Em cada segundo, em relação a **M** e em valor absoluto, a perda de momento horário ($m_1\, g\, \overline{MB}$) tem de ser igual à perda de momento anti-horário ($m_2\, g\, \Delta s$):

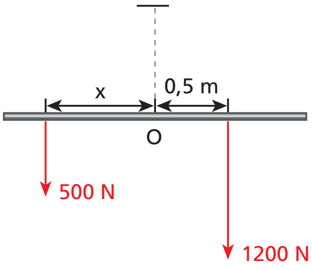
$$m_2\, g\, \Delta s = m_1\, g\, \overline{MB} \Rightarrow 250\, \Delta s = 75 \cdot 1{,}2 \Rightarrow \Delta s = 0{,}36\text{ m}$$

Então: $\boxed{v = 0{,}36\text{ m/s}}$

Resposta: 0,36 m/s

44.

a)

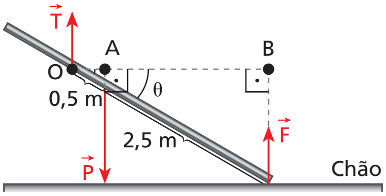


Em relação a **O**, temos, em valor absoluto:

$1\,200 \cdot 0{,}5 = 500\, x \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{x = 1{,}2\text{ m}}$

b) Para que a resultante das forças seja nula, sendo $\vec{T}$ e $\vec{P}$ verticais, $\vec{F}$ é necessariamente vertical.



Em relação a **O**, temos, em valor absoluto:

$1\,200 \cdot 0{,}5 \cos\theta = F \cdot 3{,}0 \cos\theta$

$\boxed{F = 200\text{ N}}$

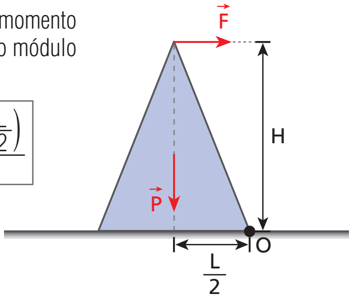
Respostas: a) 1,2 m; b) 200 N

46.

Em relação a **O**, o módulo do momento horário de $\vec{F}$ deve ser maior que o módulo do momento anti-horário de $\vec{P}$:

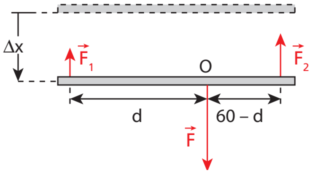
$$F\,H > mg\left(\frac{L}{2}\right) \Rightarrow \boxed{F > \frac{mg\left(\frac{L}{2}\right)}{H}}$$

Resposta: d



47.

a) $K_1 = 200$ N/m e $K_2 = 600$ N/m



Em relação a **O**, temos, em valor absoluto:

$F_1\,d = F_2\,(60 - d)$, com **d** em cm.

$K_1\,\Delta x\,d = K_2\,\Delta x\,(60 - d)$

$200\,d = 600\,(60 - d) \Rightarrow \boxed{d = 45\text{ cm}}$

b) $F = F_1 + F_2 = K_1\,\Delta x + K_2\,\Delta x$

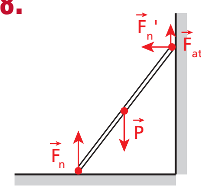
$120 = 200\Delta x + 600\Delta x$

$\boxed{\Delta x = 0{,}15\text{ m} = 15\text{ cm}}$

Respostas: a) 45 cm; b) 15 cm

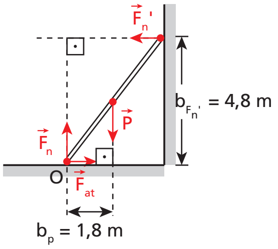
48.

a)



Não é possível porque a força resultante não será nula na horizontal: não existe nenhuma força para equilibrar $\vec{F}_n'$.

b)



Resultante nula vertical:

$F_n = P \Rightarrow \boxed{F_n = 360\text{ N}}$

Em relação a **O**, temos, em valor absoluto:

$P\,b_P = F_n'\,b_{F_n'} \Rightarrow$

$\Rightarrow 360\ \ 1{,}8 = F_n' \cdot 4{,}8$

$\boxed{F_n' = 135\text{ N}}$

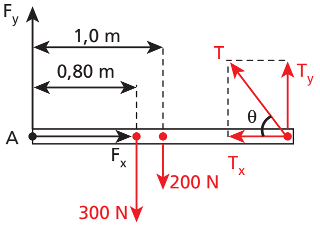
Resultante nula na horizontal: $F_{at} = F_n'$

$\boxed{F_{at} = 135\text{ N}}$

Respostas: a) Não; b) $F_n = 360$ N; $F_{at} = 135$ N

50.

- Forças na barra:



- Em relação a **A**:

$300 \cdot 0{,}80 + 200 \cdot 1{,}0 = T_y \cdot 2{,}0 \Rightarrow T_y = 220\text{ N}$

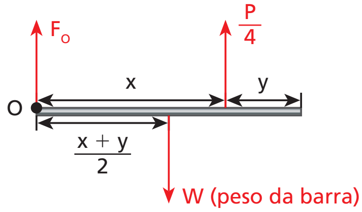
- $\text{tg}\,\theta = \frac{T_y}{T_x} \Rightarrow \frac{AP}{AB} = \frac{T_y}{T_x} \Rightarrow \frac{2{,}2}{2{,}0} = \frac{220}{T_x} \Rightarrow T_x = 200\text{ N}$
- A força resultante na barra é nula:
- $F_x = T_x \Rightarrow \boxed{F_x = 200\text{ N}}$
- $F_y + T_y = 300 + 200 \Rightarrow F_y + 220 = 500 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{F_y = 280\text{ N}}$

Resposta: Horizontal: 200 N para a direita; vertical: 280 N para cima.

51.

No fio que sustenta a polia móvel inferior, a intensidade da tração é $\frac{P}{2}$ e, no fio que sustenta a polia móvel superior e chega até a barra, é $\frac{P}{4}$:



Equilíbrio de rotação em relação a **O**:

$$W\left(\frac{x+y}{2}\right) = \frac{P}{4}\,x \Rightarrow W = \frac{2Px}{4(x+y)}$$

Equilíbrio de translação:

$$F_0 + \frac{P}{4} = W \Rightarrow F_0 = \frac{2Px}{4(x+y)} - \frac{P}{4} = \frac{P}{4}\left(\frac{2x}{x+y} - 1\right)$$

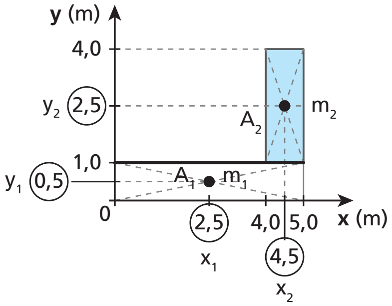
$$\boxed{F_0 = \frac{P}{4}\left(\frac{x-y}{x+y}\right)}$$

Resposta: $\frac{P}{4}\left(\frac{x-y}{x+y}\right)$

53.

Resposta: a

55.



$A_1 = 1{,}0 \cdot 5{,}0 \Rightarrow A_1 = 5{,}0\text{ m}^2$

$A_2 = 1{,}0 \cdot 3{,}0 \Rightarrow A_2 = 3{,}0\text{ m}^2$

- $x_{CG} = \frac{A_1x_1 + A_2x_2}{A_1 + A_2} = \frac{5{,}0 \cdot 2{,}5 + 3{,}0 \cdot 4{,}5}{5{,}0 + 3{,}0} \Rightarrow \boxed{x_{CG} = 3{,}25\text{ m}}$
- $y_{CG} = \frac{A_1y_1 + A_2y_2}{A_1 + A_2} = \frac{5{,}0 \cdot 0{,}5 + 3{,}0 \cdot 2{,}5}{5{,}0 + 3{,}0} \Rightarrow \boxed{y_{CG} = 1{,}25\text{ m}}$

Note que o CG está fora da placa.

Resposta: $x_{CG} = 3{,}25$ m; $y_{CG} = 1{,}25$ m

Página 427

56.

Para o corpo da pessoa se manter em equilíbrio, a vertical que passa por seu centro de gravidade precisa interceptar a menor superfície convexa determinada pelos pontos de apoio dos pés no chão, como mostra a figura ao lado.

Isso não acontece quando a pessoa permanece encostada na parede.

Resposta: a

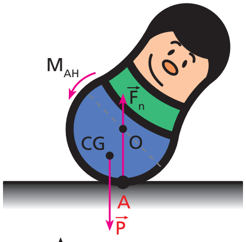
57.

Resposta: A: estável; **B**: instável; **C**: indiferente.

58.

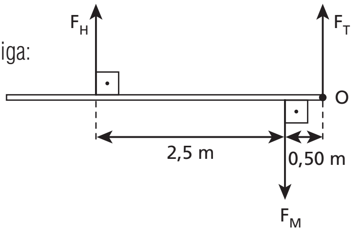
Quando o boneco é tombado, o peso $\vec{P}$ produz um momento em relação ao ponto de apoio **A** e ele volta a ficar em pé.

Resposta: b



59.

- Forças na viga:



- Em relação a **O**:

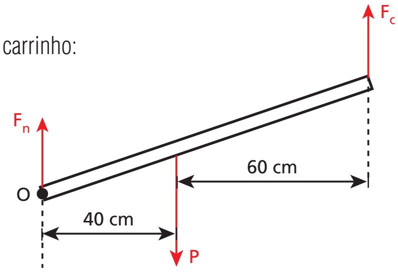
$$F_H \cdot 3{,}0 = F_M \cdot 0{,}50 \quad \Rightarrow \quad F_H \cdot 3{,}0 = 1\,800 \cdot 0{,}50$$

$$\boxed{F_H = 300\text{ N}}$$

Resposta: 300 N

60.

- Forças no carrinho:



- Em relação a **O**:

$$P \cdot 40\text{ cm} = F_c \cdot 100\text{ cm}$$

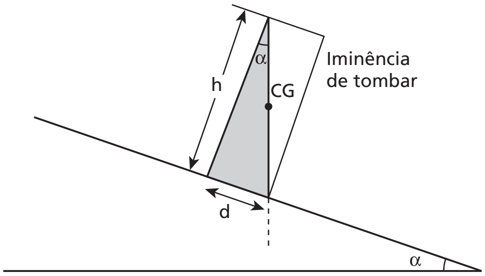
$$1\,000\text{ N} \cdot 40\text{ cm} = F_c \cdot 100\text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \boxed{F_c = 400\text{ N}}$$

- $F_n + F_c = P \quad \Rightarrow \quad F_n + 400 = 1\,000 \quad \Rightarrow \quad \boxed{F_n = 600\text{ N}}$

Portanto, são corretas as afirmações 02, 04, 08.

Resposta: (02 + 04 + 08) = 14

62.



No triângulo destacado:

$$\text{tg }\alpha = \frac{d}{h} \Rightarrow \frac{1}{\text{cotg }\alpha} = \frac{d}{h} \Rightarrow \boxed{h = d\text{ cotg }\alpha}$$

Resposta: d

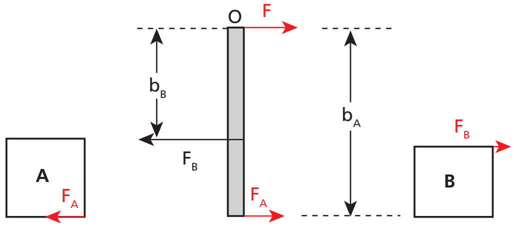
63.

- $p = 23\text{ N};\ P = 100\text{ N};\ F = ?$
- Em relação a **O**:
  $F \cdot 4\text{ cm} = p \cdot 20\text{ cm} + P \cdot 35\text{ cm} \Rightarrow F \cdot 4 = 23 \cdot 20 + 100 \cdot 35$

$$\boxed{F = 990\text{ N}}$$

Resposta: 990 N

64.



A barra empurra **B** para a direita, recebendo uma reação para a esquerda, e empurra **A** para a esquerda, recebendo uma reação para a direita. Considerando a barra ainda em equilíbrio, temos, em relação a **O** e em valor absoluto:

$F_A b_A = F_B b_B$

Como $b_B < b_A \ \Rightarrow\ F_B > F_A$, concluímos que a caixa **B** se move antes.

Podemos chegar à mesma conclusão de um modo mais simples: estando a barra em equilíbrio, temos:

$F_B = F + F_A$

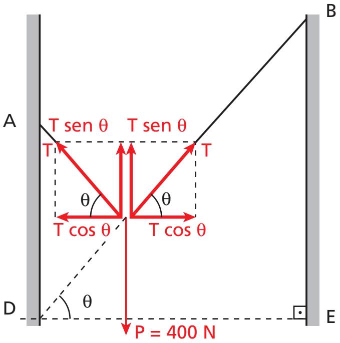
Então, F_B é maior que F_A e a caixa **B** move-se antes.

Resposta: B

Página 430

65.

a)



$2\text{ T sen }\theta = P$

$$T = \frac{400}{2\text{ sen }\theta} \qquad \text{(I)}$$

O triângulo BED é retângulo. Como $\overline{DE} = 3$ m e $\overline{DB} = 5$ m, temos $\overline{BE} = 4$ m

Assim:

$$\text{sen }\theta = \frac{\overline{BE}}{\overline{DB}} = \frac{4}{5}$$

Em (I):

$$T = \frac{400}{2 \cdot \frac{4}{5}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{T = 250\text{ N}}$$

b) Não depende porque esse desnível não participa do cálculo de **T**.

Respostas: a) 250 N; b) Não depende.

66.

Comprimento natural da associação de molas:

0,5 m + 0,6 m + 0,7 m = 1,8 m

Sendo x_a, x_b e x_c as deformações das molas, devemos ter:

$x_a + x_b + x_c = 2{,}0\text{ m} - 1{,}8\text{ m} = 0{,}2\text{ m} \qquad \text{(I)}$

Como a força elástica tem a mesma intensidade **F** nas três molas e $x = \dfrac{F}{k}$, temos, em (I):

$$\frac{F}{10} + \frac{F}{15} + \frac{F}{18} = 0{,}2 \Rightarrow 9\,F + 6\,F + 5\,F = 18$$

$20\,F = 18 \Rightarrow F = 0{,}9\text{ N}$

Assim, sendo **a**, **b** e **c** os comprimentos das molas deformadas:

$$x_a = \frac{F}{10} = \frac{0{,}9}{10} \Rightarrow x_a = 9\text{ cm} \Rightarrow a = \ell_a + x_a$$

$\boxed{a = 59\text{ cm}}$

$$x_b = \frac{F}{15} = \frac{0{,}9}{15} \Rightarrow x_b = 6\text{ cm} \Rightarrow b = \ell_b + x_b$$

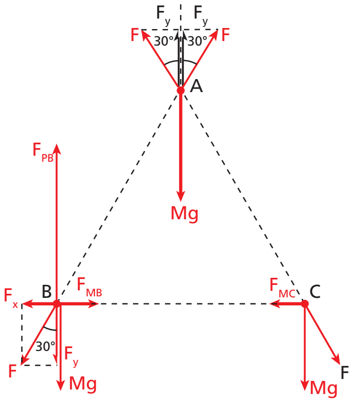
$\boxed{b = 66\text{ cm}}$

$$x_c = \frac{F}{18} = \frac{0{,}9}{18} \Rightarrow x_c = 5\text{ cm} \Rightarrow c = \ell_c + x_c$$

$\boxed{c = 75\text{ cm}}$

Resposta: a = 59 cm; b = 66 cm; c = 75 cm

67.



a) $F_{AB} = F$

Equilíbrio de **A**:

$$2\,F_y = M\,g \Rightarrow F_y = \frac{M\,g}{2} \Rightarrow F \cos 30° = \frac{M\,g}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F\,\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{M\,g}{2}$$

$$\boxed{F_{AB} = F = \frac{M\,g\,\sqrt{3}}{3}}$$

b) Equilíbrio de **B** analisado na vertical:

$F_{PB} = M\,g + F_y$

$$F_{PB} = M\,g + \frac{M\,g}{2} \Rightarrow \boxed{F_{PB} = \frac{3\,M\,g}{2}}$$

c) Equilíbrio de **B** analisado na horizontal:

$F_{MC} = F_{MB}$

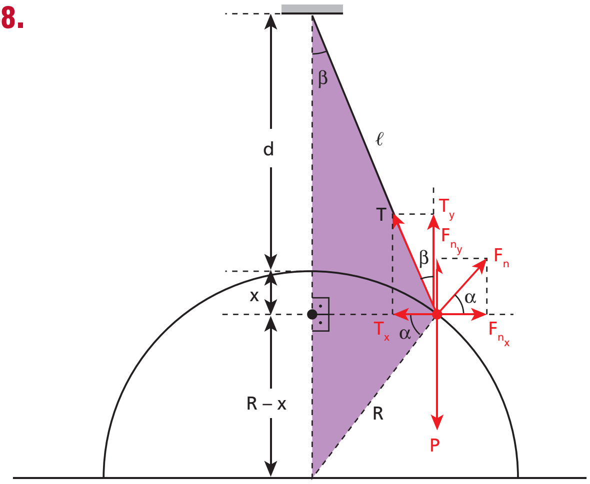
$$F_{MB} = F_x + F \text{ sen } 30° = \frac{M\,g\,\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\boxed{F_{MC} = F_{MB} = \frac{M\,g\,\sqrt{3}}{6}}$$

Respostas: a) $F_{AB} = F = \dfrac{M\,g\,\sqrt{3}}{3}$; b) $F_{PB} = \dfrac{3\,M\,g}{2}$;

c) $F_{MC} = F_{MB} = \dfrac{M\,g\,\sqrt{3}}{6}$

68.



$$F_{n_x} = T_x \Rightarrow F_n \cos \alpha = T \text{ sen } \beta \Rightarrow F_n = \frac{T \text{ sen } \beta}{\cos \alpha} \qquad \text{(I)}$$

$$T_y + F_{n_y} = P \Rightarrow T \cos \beta + F_n \text{ sen } \alpha = P \qquad \text{(II)}$$

$$\text{(I) em (II): } T \cos \beta + \frac{T \text{ sen } \beta}{\cos \alpha} \text{ sen } \alpha = P \qquad \text{(III)}$$

Nos triângulos destacados:

$$\cos \beta = \frac{d + x}{\ell}, \text{ sen } \beta = \frac{R \cos \alpha}{\ell} \text{ e } \text{sen } \alpha = \frac{R - x}{R}$$

Em (III):

$$T\,\frac{(d + x)}{\ell} + \frac{T\,\dfrac{R \cos \alpha}{\ell} \cdot \dfrac{(R - x)}{R}}{\cos \alpha} = P$$

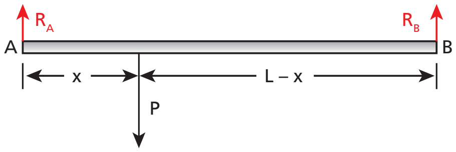
$$T = \frac{(d + x)}{\ell} + T\,\frac{(R - x)}{\ell} = P$$

$T\,(d + x) + T\,(R - x) = P\,\ell$

$$\boxed{T = \frac{P\,\ell}{d + R}}$$

Resposta: $T = \dfrac{P\,\ell}{d + R}$

69.



Quando x = 2 m, R_A = 560 N. Em relação a **B**, temos, em módulo:

$R_A\,L = P\,(L - x)$

$560\ L = P\,(L - 2) \quad \text{(I)}$

Quando x = 8 m, R_A = 140 N. Em relação a **B**, temos:

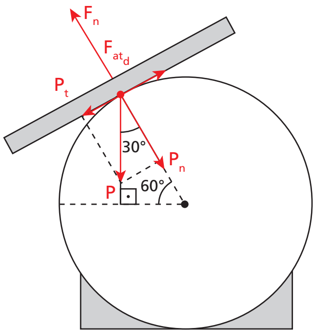
$140\ L = P\,(L - 8) \quad \text{(II)}$

Resolvendo o sistema de equações (I) e (II), obtemos:

a) $\boxed{P = 700\text{ N}}$ e b) $\boxed{L = 10\text{ m}}$

Respostas: a) 700 N; b) 10 m

70.



$P_t = F_{at_d} = \mu_e\,F_n$

$P_n = F_n$

$$\text{tg } 30° = \frac{P_t}{P_n} = \frac{\mu_e\,F_n}{F_n}$$

$\boxed{\mu_e = \text{tg } 30° \cong 0{,}58}$

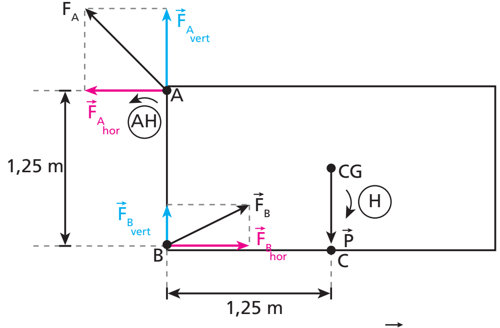
Resposta: Aproximadamente 0,58.

71.

a) A resultante de todas as forças atuantes no portão em repouso é nula. Assim, a resultante, $\vec{F}_{AB}$, das forças exercidas nele pelas duas dobradiças equilibra seu peso $\vec{P}$.

Portanto: $F_{AB} = mg = 50 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{F_{AB} = 500\ N}$

b) Vamos representar as forças que atuam no portão ($\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ e $\vec{P}$), bem como as componentes horizontais e verticais de $\vec{F}_A$ e $\vec{F}_B$:



Em relação a **B**, só não são nulos os momentos de $\vec{P}$, que é horário, e o de $\vec{F}_{A_{hor}}$, que, para garantir o equilíbrio de rotação, tem de ser anti-horário, de módulo igual ao do horário.

$M_H = M_{AH}$

$P\ \overline{BC} = F_{A_{hor}}\ \overline{AB} \Rightarrow 500 \cdot 1{,}25 = F_{A_{hor}} \cdot 1{,}25 \Rightarrow F_{A_{hor}} = 500\,N$

$\boxed{\text{500 N, para a esquerda}}$

Observemos que $F_{B_{hor}}$ tem de ser igual a $F_{A_{hor}}$ para garantir a nulidade da força resultante na horizontal: $F_{B_{hor}} = 500$ N.

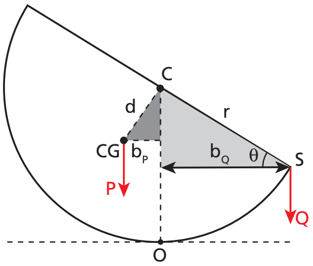
Observemos, também, que a relação entre os valores de $F_{A_{vert}}$ e $F_{B_{vert}}$ está indeterminada. De fato, instalado o portão, uma das dobradiças pode, na vertical, ficar mais sobrecarregada que a outra.

Para que a força resultante seja nula na vertical, é necessário apenas que:

$F_{A_{vert}} + F_{B_{vert}} = P = 500$ N

Respostas: a) 500 N; b) 500 N, para a esquerda.

72.



$b_P = d\ \text{sen}\ \theta$

$b_Q = r\ \cos\theta$

Os momentos de **P** e **Q**, em relação a **O**, têm módulos iguais:

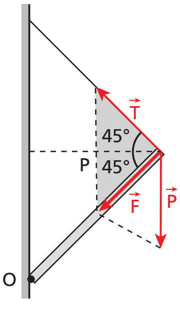
$Qb_a = Pb_P$

$Q\,r\cos\theta = P\,d\,\text{sen}\,\theta \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{Q = \frac{P\,d\,\text{tg}\,\theta}{r}}$

Respostas: $\frac{P\,d\,\text{tg}\,\theta}{r}$

73.

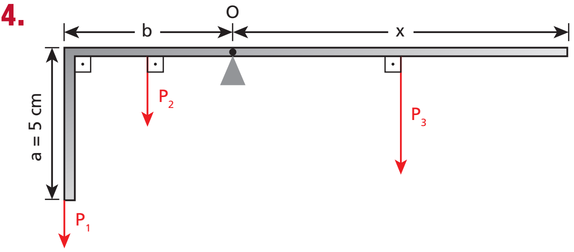


- Para a escora estar em equilíbrio de rotação, a resultante $\vec{F}$, de $\vec{P}$ e $\vec{T}$, precisa estar alinhada com o ponto **O**.
- O triângulo destacado é isósceles. Portanto: F = T.
- À medida que **P** crescer, **T** e **F** também crescerão e $T_{máx}$ será atingida antes de $F_{máx}$.
- No triângulo destacado: $P = T\sqrt{2}$.

Então: $P_{máx} = T_{máx}\sqrt{2} = 400\sqrt{2} \cdot \sqrt{2} \Rightarrow \boxed{P_{máx} = 800\ N}$

Resposta: a

74.



- a + b + x = 23 ⇒ b + x = 18 ⇒ b = 18 − x (I)
- Equilíbrio de rotação do arame em relação a **O**:

$P_1\,b + P_2\,\frac{b}{2} = P_3\,\frac{x}{2}$ (II)

Como o peso **P** de um pedaço de arame é proporcional ao seu comprimento ℓ ($P = k\,\ell$), temos, de (II):

$(k\,a)\,b + (k\,b)\,\frac{b}{2} = (k\,x)\,\frac{x}{2} \Rightarrow 2\,a\,b + b^2 = x^2$ (III)

Substituindo (I) em (III), temos:

$2\,a\,(18 - x) + (18 - x)^2 = x^2$

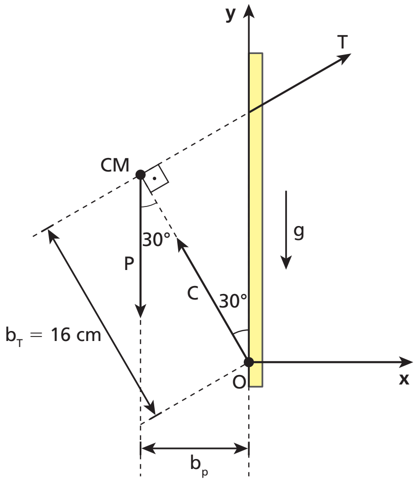
$(18 - x)\,(28 - x) = x^2$

$18 \cdot 28 - 46\,x + x^2 = x^2$

$46\,x = 18 \cdot 28 \Rightarrow \boxed{x \cong 11\ cm}$

Resposta: c

75.



a) $M_P = Pb_P = 1\ N \cdot 16 \cdot 10^{-2}\ m \cdot \text{sen}\ 30°$

$\boxed{M_P = 8 \cdot 10^{-2}\ Nm}$ (em módulo)

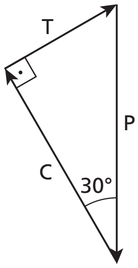
$M_C = Cb_C = C \cdot 0 \Rightarrow \boxed{M_C = 0}$

b) $M_T = Tb_T \Rightarrow \boxed{M_T = T \cdot 16 \cdot 10^{-2}\ Nm}$ (em módulo)

Em relação a **O**, devemos ter:

$M_H = M_{AH} \Rightarrow T \cdot 16 \cdot 10^{-2} = 8 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{T = 0{,}5\ N}$

c)



$\cos 30° = \frac{C}{P} \Rightarrow C = P\cos 30°$

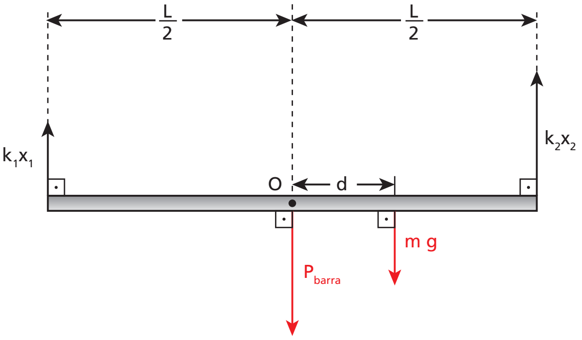
$C = 1 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \boxed{C = \frac{\sqrt{3}}{2}\ N \cong 0{,}87\ N}$

Respostas:

a) $M_P = 8 \cdot 10^{-2}$ Nm (em módulo); $M_C = 0$; b) $M_T = 16 \cdot 10^{-2}\ T$ Nm (em módulo); T = 0,5 N; c) C ≅ 0,87 N

76.

- Para a barra ficar em equilíbrio na horizontal, as deformações x_2 e x_1 das molas de constantes elásticas respectivamente iguais a k_2 e k_1 devem satisfazer a relação:
  $x_2 = x_1 + h$
- Forças na barra:



- Em relação a **O**:

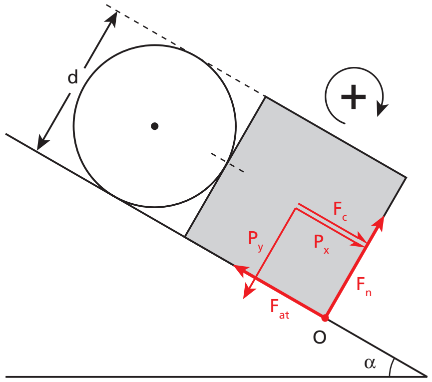
$$k_1\,x_1\,\frac{L}{2} + m\,g\,d = k_2\,x_2\,\frac{L}{2} \Rightarrow k\,\frac{L}{2}\,\overbrace{(x_2 - x_1)}^{h} = m\,g\,d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow d = \frac{k\frac{L}{2}\,h}{m\,g} = \frac{1{,}0 \cdot 10^2 \cdot 0{,}50 \cdot 0{,}10}{2{,}0 \cdot 10} \Rightarrow$$

$$\boxed{d = 0{,}25\text{ m} = 25\text{ cm}}$$

Resposta: 25 cm

77.



Quando o bloco está na iminência de tombar, a força normal que ele recebe do plano está aplicada em **O**. Na figura, P_x e P_y são as intensidades das componentes do peso do bloco e F_c (também igual a P_x) é a intensidade da força que o cilindro exerce no bloco.

Em relação a **O**, temos:

$$(F_c + P_x)\,\frac{d}{2} - P_y\,\frac{d}{2} = 0$$

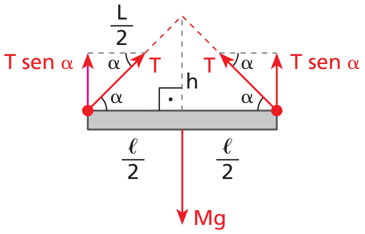
$$2\,m\,g\,\text{sen}\,\alpha\,\frac{d}{2} = m\,g\cos\alpha\,\frac{d}{2}$$

$$\frac{\cos\alpha}{\text{sen}\,\alpha} = 2 \Rightarrow \boxed{\text{cotg}\,\alpha = 2}$$

Resposta: e

78.

a)



- $2\,T\,\text{sen}\,\alpha = M\,g \Rightarrow T = \dfrac{M\,g}{2\,\text{sen}\,\alpha}$ (I)

- $\text{sen}\,\alpha = \dfrac{h}{\frac{L}{2}} = \dfrac{2h}{L}$

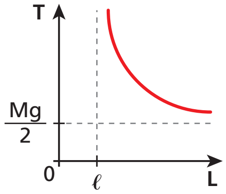
$$\frac{L^2}{4} = h^2 + \frac{\ell^2}{4} \Rightarrow h = \frac{\sqrt{L^2 - \ell^2}}{2} \Rightarrow \text{sen}\,\alpha =$$

$$= \frac{\sqrt{L^2 - \ell^2}}{L} = \frac{\sqrt{L^2\left(1 - \frac{\ell^2}{L^2}\right)}}{L} = \sqrt{1 - \frac{\ell^2}{L^2}} \quad \text{(II)}$$

- (II) em (I):

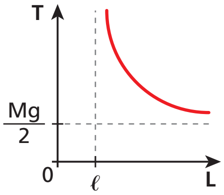
$$\boxed{T = \frac{Mg}{2\sqrt{1 - \frac{\ell^2}{L^2}}}}$$

b)
- Obviamente, $L > \ell$.
- Para $L \Rightarrow \ell$, $T \Rightarrow \infty$.
- Para $L \Rightarrow \infty$, $T \Rightarrow \dfrac{Mg}{2}$.



Respostas: a) $T = \dfrac{Mg}{2\sqrt{1 - \frac{\ell^2}{L^2}}}$

b)

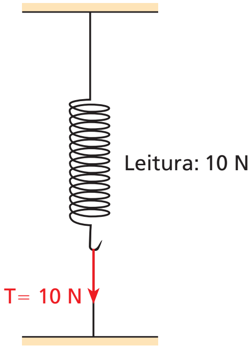


79.

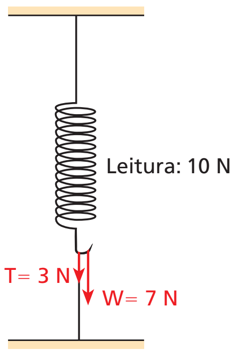
O dinamômetro a que se refere a questão é um instrumento dotado de uma mola que se deforma segundo a Lei de Hooke ($F = Kx$).

Vamos representá-lo esquematicamente desenhando apenas a mola com o gancho.

Na figura **a**, temos:



a) Suspendendo o peso **W** igual a 7 N, a corda inferior ficará menos tensa, mas ainda tracionada. A mola continuará deformada como antes e, por isso, a indicação do dinamômetro permanecerá igual a 10 N.
A intensidade da tração na corda inferior, porém, que era de 10 N, passará a ser de 3 N.

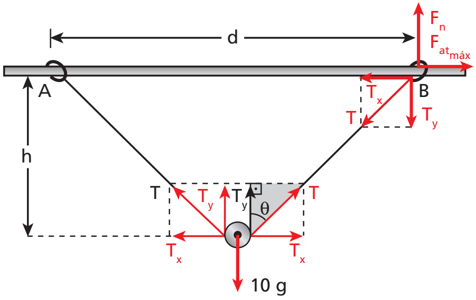


b) O peso **W** igual a 16 N fará a deformação da mola aumentar. Com isso, o dinamômetro passará a indicar 16 N e a corda inferior não mais será tracionada ($T = 0$).

Respostas: a) 10 N; b) 16 N

80.

As argolas devem estar na iminência de escorregar.

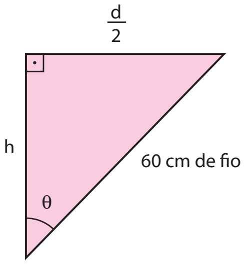


Na argola **B**:

$T_x = F_{at_{máx}} = \mu_e F_n = \mu_e T_y = 0{,}75\ T_y$

No triângulo destacado:

$\text{tg}\ \theta = \frac{T_x}{T_y} = \frac{0{,}75\ T_y}{T_y} = \frac{3}{4}$



Então:

$\text{tg}\ \theta = \frac{\frac{d}{2}}{h} \Rightarrow \frac{3}{4} = \frac{d}{2\,h}$

$h = \frac{2\,d}{3}$

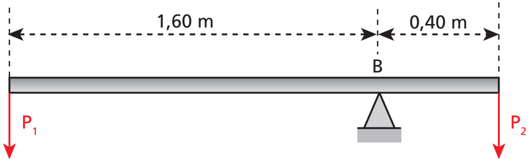
$60^2 = h^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \Rightarrow 3600 =$

$= \left(\frac{2\,d}{3}\right)^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 \Rightarrow 3\,600 = \frac{4d^2}{9} + \frac{d^2}{4} \Rightarrow \boxed{d = 72\text{ cm}}$

Resposta: 72 cm

81.

- Analisando o sistema, nas condições da figura dada, constatamos que ele não se encontra em equilíbrio: a barra vai tombar, girando no sentido horário.
- A quantidade mínima pedida fica determinada considerando-se o sistema em equilíbrio, apoiado apenas no suporte **B**:



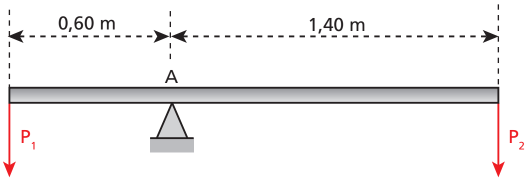
$P_2\ 0{,}40 = P_1\ 1{,}60 \Rightarrow P_2 = 4\,P_1$

$V_2 = 4\,V_1$, em que V_1 e V_2 são volumes.

$$\left.\begin{matrix} V_2 = 4\,V_1 \\ V_2 + V_1 = 60 \end{matrix}\right\}\ V_1 = 12\text{ L e } V_2 = 48\text{ L}$$

Portanto, 2L de água devem ser transferidos da direita para a esquerda.

- A quantidade máxima pedida fica determinada considerando-se o sistema em equilíbrio, apoiado apenas no suporte **A**:



$P_2\ 1{,}40 = P_1\ 0{,}60 \Rightarrow V_2\ 1{,}40 = V_1\ 0{,}60 \Rightarrow 7V_2 = 3\,V_1$

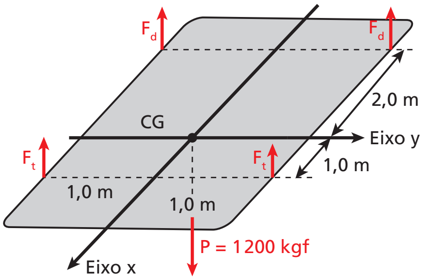
$$\left.\begin{matrix} 7V_2 = 3\,V_1 \\ V_2 + V_1 = 60 \end{matrix}\right\} \Rightarrow V_2 = 18\text{ L e } V_1 = 42\text{ L}$$

Portanto, 32 L de água devem ser transferidos da direita para a esquerda.

Resposta: 2 L e 32 L, respectivamente.

82.

Por terem braços iguais em relação ao eixo **x**, as forças nas rodas traseiras têm a mesma intensidade F_t, o mesmo ocorrendo com as forças nas rodas dianteiras, que têm intensidade F_d:



Em relação ao eixo **y**, temos, em valor absoluto:

$2\,F_t\ 1{,}0 = 2\,F_d\ 2{,}0 \Rightarrow F_t = 2\,F_d$ (I)

Como a força resultante no veículo é nula:

$2\,F_t + 2\,F_d = P$

$2\,F_t + 2\,F_d = 1200 \Rightarrow F_t + F_d = 600$ (II)

Substituindo (I) em (II):

$2\,F_d + F_d = 600 \Rightarrow \boxed{F_d = 200\text{ kgf}}$

De (I):

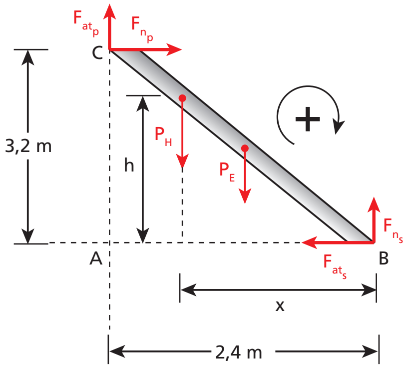
$F_t = 2\,F_d = 2 \cdot 200 \Rightarrow \boxed{F_t = 400\text{ kgf}}$

Resposta: 200 kgf em cada roda dianteira; 400 kgf em cada roda traseira

83.

a)

$P_E = 20$ kgf
$P_H = 90$ kgf
$\mu_{e_s} = 0{,}50$
$\mu_{e_p} = 0{,}20$



Como a escada está na iminência de escorregar:

$F_{at_s} = \mu_{e_s}\ F_{n_s} = 0{,}50\ F_{n_s}$
$F_{at_p} = \mu_{e_p}\ F_{n_p} = 0{,}20\ F_{n_p}$

- Equilíbrio de translação:

$F_{at_p} + F_{n_s} = P_H + P_E \Rightarrow 0{,}20\ F_{n_p} + F_{n_s} = 110$ (I)
$F_{n_p} = F_{at_s} \Rightarrow F_{n_p} = 0{,}50\ F_{n_s}$ (II)

De (I) e (II), vem:

$F_{n_s} = 100$ kgf
$F_{n_p} = 50$ kgf

Então: $F_{at_s} = 50$ kgf
$F_{at_p} = 10$ kgf

- Equilíbrio de rotação (em relação a **B**):

$F_{n_p}\ 3{,}2 + F_{at_p}\ 2{,}4 - P_H\ x - P_E\ 1{,}2 = 0$

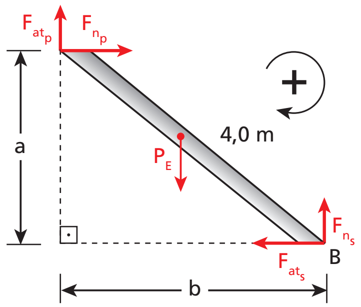
$50 \cdot 3{,}2 + 10 \cdot 2{,}4 - 90\,x - 20 \cdot 1{,}2 = 0$

$x = \frac{16}{9}$ m

$\frac{h}{x} = \frac{3{,}2}{2{,}4}$ (semelhança de triângulos)

$\frac{h}{x} = \frac{3{,}2}{2{,}4}\ x = \frac{3{,}2}{2{,}4} \cdot \frac{16}{9} \Rightarrow \boxed{h = 2{,}4\text{ m}}$

b) Novamente, a escada está na iminência de escorregar.



$P_E = 20$ kgf
$F_{at_s} = 0{,}50\ F_{n_s}$
$F_{at_p} = 0{,}20\ F_{n_p}$

- Equilíbrio de translação:

$$F_{n_p} = F_{at_s} \Rightarrow F_{n_p} = 0{,}50\ F_{n_s} \qquad \text{(I)}$$
$$F_{at_p} + F_{n_s} = P_E \Rightarrow 0{,}20\ F_{n_p} + F_{n_s} = 20 \quad \text{(II)}$$

De (I) e (II), vem:

$$F_{n_s} = \frac{20}{1{,}1}\ \text{kgf e } F_{n_p} = \frac{10}{1{,}1}\ \text{kgf}$$

Então: $F_{at_s} = \dfrac{10}{1{,}1}$ kgf e $F_{at_p} = \dfrac{2}{1{,}1}$ kgf

- Equilíbrio de rotação (em relação a **B**):

$$F_{at_p}\ b + F_{n_p}\ a - P_E\ \frac{b}{2} = 0$$
$$\frac{2}{1{,}1}\ b + \frac{10}{1{,}1}\ a - 20\ \frac{b}{2} = 0 \Rightarrow a = \frac{9b}{10} \qquad \text{(III)}$$

$a^2 + b^2 = 16$ (Teorema de Pitágoras) (IV)

Substituindo (III) em (IV):

$$\frac{81\ b^2}{100} + b^2 = 16 \Rightarrow \boxed{b = 3{,}0\ \text{m}}$$

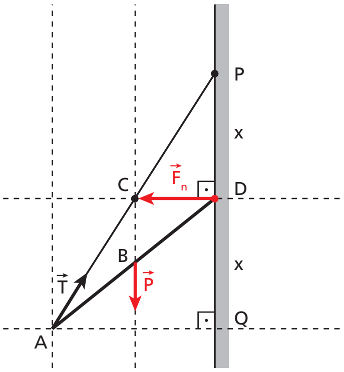
Resposta: a) 2,4 m; b) 3,0 m

84. Na barra atuam apenas três forças (peso, tração e normal), de direções diferentes. Como sabemos, essas forças são concorrentes num mesmo ponto. Se **B** é o ponto médio da barra, então **C** é o ponto médio da corda e **D** é o ponto médio de PQ.

No triângulo AQD:
$\overline{AD}^2 = \overline{QD}^2 + \overline{AQ}^2$
$3^2 = x^2 + \overline{AQ}^2$
$\overline{AQ}^2 = 9 - x^2$

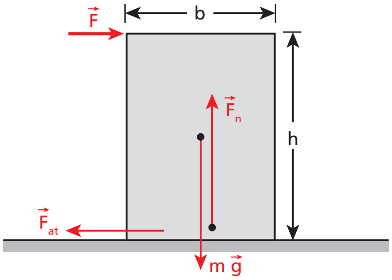
No triângulo AQP:
$\overline{AP}^2 = \overline{PQ}^2 + \overline{AQ}^2$
$4^2 = (2x)^2 + 9 - x^2$

$\boxed{x = 1{,}53\ \text{m} = 153\ \text{cm}}$



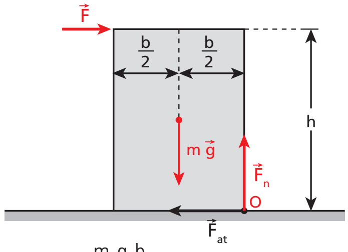
Resposta: 153 cm

85.



$F_{at_d} = \mu_e\ F_n = \mu_e\ m\ g$
O bloco só escorrega se:
$F > F_{at_d}$, ou seja, se $F > \mu_e\ m\ g$ (I)

- Na iminência de tombar, o bloco se encontra totalmente apoiado em uma região do plano onde está sua aresta inferior direita.
  Para tombar, o módulo do momento horário de $\vec{F}$, em relação a **O**, deve superar o módulo do momento anti-horário do peso $m\ \vec{g}$:



$$F\ h > m\ g\ \frac{b}{2} \Rightarrow F > \frac{m\ g\ b}{2\ h} \qquad \text{(II)}$$

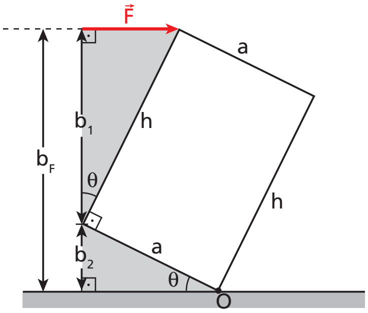
Para tombar antes de escorregar, a condição (II) deve ser verificada antes da (I), ou seja:

$$\frac{m\ g\ b}{2\ h} < \mu_e\ m\ g \Rightarrow \boxed{b < 2\ \mu_e\ h}$$

Resposta: $b < 2\ \mu_e\ h$

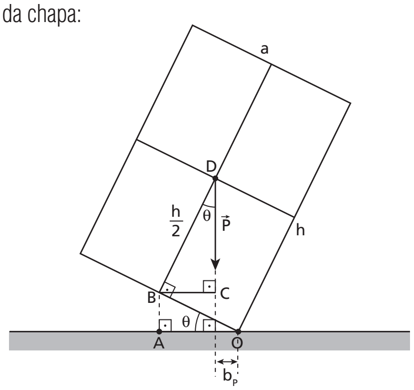
86.

a)
- Vamos determinar, em relação a **O**, o módulo do momento de $\vec{F}$:



$$M_F = F b_F = F\ (b_1 + b_2)$$
$$\boxed{M_F = F\ (h \cos \theta + a \operatorname{sen} \theta)}\ \text{(horário)}$$

- Vamos determinar, agora, em relação a **O**, o módulo do momento do peso da chapa:



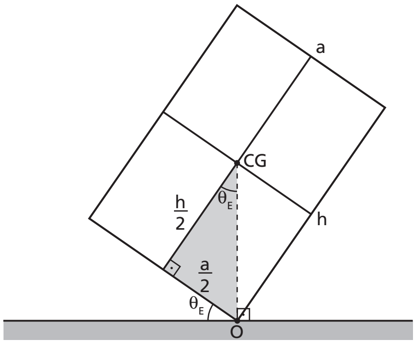
$$M_P = P\ b_P = P\ (\overline{OA} - \overline{BC})$$
$$M_P = P\ (\overline{OB} \cos \theta - \overline{BD} \operatorname{sen} \theta)$$
$$\boxed{M_P = P \left(\frac{a}{2} \cos \theta - \frac{h}{2} \operatorname{sen} \theta\right)}\ \text{(anti-horário)}$$

- Do equilíbrio de rotação da chapa:

$$M_F = M_P \Rightarrow F\ (h \cos \theta + a \operatorname{sen} \theta) = \frac{P}{2}\ (a \cos \theta - h \operatorname{sen} \theta)$$

$$\boxed{F = \frac{P}{2} \left(\frac{a \cos \theta - h \operatorname{sen} \theta}{a \operatorname{sen} \theta + h \cos \theta}\right)}$$

b) Na posição de equilíbrio (no caso, instável), a vertical traçada pelo centro de gravidade da chapa deve passar pelo ponto de apoio **O**:



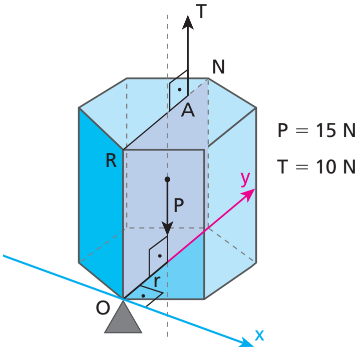
$$\text{tg}\ \theta_E = \frac{\frac{a}{2}}{\frac{h}{2}} = \frac{a}{h}$$

$$\boxed{\theta_E = \text{arc tg}\left(\frac{a}{h}\right)}$$

Respostas: a) $F = \frac{P}{2}\left(\frac{a\cos\theta - h\,\text{sen}\,\theta}{a\,\text{sen}\,\theta + h\cos\theta}\right)$

b) $\theta_E = \text{arc tg}\left(\frac{a}{h}\right)$

87.



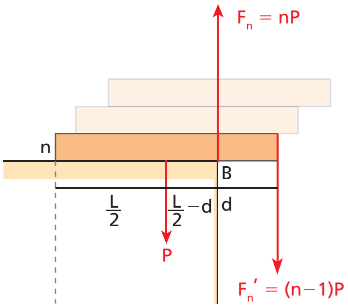
- A medida do lado de um hexágono regular é igual à do raio **r** da circunferência circunscrita:
  r = 2,0 m
- A força vertical de suspensão tem de estar no plano destacado na figura, para garantir o equilíbrio de rotação em relação ao eixo Oy.
  Em relação ao eixo Ox:

$$P\,r = T\,\overline{RA} \Rightarrow 15 \cdot 2{,}0 = 10 \cdot \overline{RA} \Rightarrow \boxed{\overline{RA} = 3{,}0\text{ m}}$$

Resposta: c

88.

A máxima distância **D** corresponde à situação em que cada uma das **n** chapas está na iminência de tombar.
Vamos chamar de chapa **n** (ou n-ésima chapa) aquela que está em contato com a borda da calçada e indicar as forças que atuam nessa chapa:



P: peso da chapa **n** (e também das demais).
F_n: intensidade da força normal que a chapa **n**, na iminência de tombar, recebe da borda da calçada.
F_n': intensidade da força normal que a chapa **n** recebe da pilha das (n − 1) chapas que estão sobre ela, na iminência de tombar.

Em relação a **B** (borda da calçada), temos:

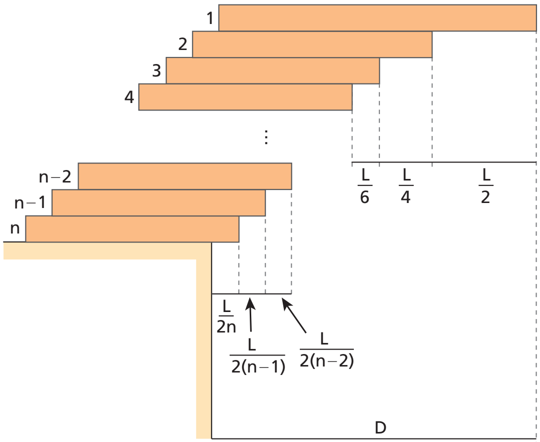
$$M_H = M_{AH}$$

$$F_n'\,d = P\left(\frac{L}{2} - d\right)$$

$$(n-1)\,P\,d = P\left(\frac{L}{2} - d\right)$$

$$\boxed{d = \frac{L}{2n}}$$

Então, em **n** chapas, temos:



$$D = \frac{L}{2} + \frac{L}{4} + \frac{L}{6} + \ldots + \frac{L}{2(n-2)} + \frac{L}{2(n-1)} + \frac{L}{2n}$$

$$D = \frac{L}{2}\left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \vdots + \frac{1}{n-2} + \frac{1}{n-1} + \frac{1}{n}\right)$$

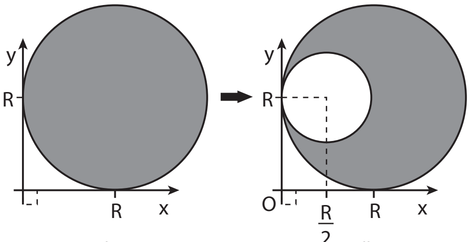
$$\boxed{D = \frac{L}{2} \cdot \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{i}\right)}$$

Para n = 6 unidades, temos:

$$D_6 = \frac{L}{2}\left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6}\right) \Rightarrow \boxed{D_6 = \frac{49}{40} \cdot L}$$

Resposta: $D = \frac{L}{2} \cdot \sum_{i=1}^{n}\left(\frac{1}{i}\right)$ e $D_6 = \frac{49}{40} \cdot L$

89.



(I) (II)

Disco da figura (I):

- Coordenadas do centro de massa: $x_1 = R$ e $y_1 = R$
- Área: $A_1 = \pi R^2$
- Massa: M_1

Disco retirado, imaginando-o posicionado no vazio da peça da figura (II):

- Coordenadas do centro de massa:
  $x_2 = \frac{R}{2}$ e $y_2 = R$
- Área:
  $$A_2 = \pi\left(\frac{R}{2}\right)^2 = \pi\,\frac{R^2}{4} = \frac{A_1}{4}$$
- Massa: $M_2 = \frac{M_1}{4}$, pois as massas e as áreas são proporcionais.

Peça da figura (II):

- Coordenadas do centro de massa: $x_3 = ?$ e $y_3 = R$ (por simetria)
- Área: $A_3 = A_1 - A_2 = \frac{3\ A_1}{4}$
- Massa: $M_3 = \frac{3\ M_1}{4}$
- Peso: $\frac{3\ W}{4}$

Para determinar x_3, podemos imaginar o disco da figura (I) como sendo a peça da figura (II), com seu vazio preenchido pelo disco retirado:

$$x_1 = \frac{M_2 x_2 + M_3 x_3}{M_2 + M_3} \Rightarrow R = \frac{\frac{M_1}{4}\ \frac{R}{2} + \frac{3\ M_1}{4}\ x_3}{M_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{x_3 = \frac{7\ R}{6}}$$

Finalizando:

(01) Correta: $x_3 = \frac{7\ R}{6}$ e $y_3 = R$

(02) Incorreta: o centro de massa se deslocou de $x_1 = R$ para $x_3 = \frac{7\ R}{6}$, no sentido do eixo **x**.

(08) Correta.

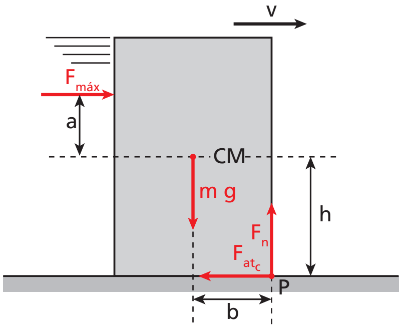
(16) Incorreta.

(32) Incorreta.

Resposta: 9

90.

a) Vamos considerar o corpo na iminência de tombar, caso em que, para um determinado valor de **a**, **F** é máxima. Nessa situação, a força normal e a força de atrito recebidas pelo corpo estão aplicadas na aresta dianteira de sua base, simbolizada pelo ponto **P** na figura a seguir.
Em relação ao centro de massa, a soma dos momentos é nula:



$$F_{máx}\ a + F_{at_c}\ h = F_n\ b$$

$$F_{máx}\ a + \mu\ m\ g\ h = m\ g\ b$$

$$F_{máx} = \frac{m\ g\ (b - \mu h)}{a}$$

Portanto: $\boxed{0 \leqslant F \leqslant \frac{mg\ (b - \mu\ h)}{a}}$

b) Consideremos o corpo na iminência de tombar em virtude, exclusivamente, da força de atrito, ou seja, com $F = 0$.
Em relação ao centro de massa, temos:

$$F_{at_{c\ máx}}\ h = F_n\ b \Rightarrow \mu_{máx}\ m\ g\ h = m\ g\ b \Rightarrow \mu_{máx} = \frac{b}{h}$$

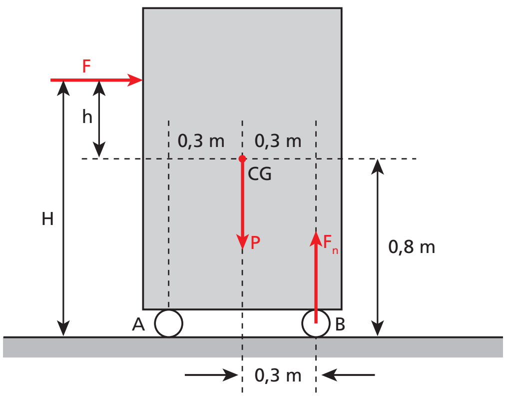
Portanto: $\boxed{\mu \leqslant \frac{b}{h}}$

c) Se **a** for igual a zero, $\vec{F}$ não produzirá momento em relação ao centro de massa, qualquer que seja sua intensidade. Nesse caso, o tombamento só poderia ser causado pela força de atrito. Portanto, satisfeita a condição do item **b**, com $a = 0$ o corpo nunca tombará. Note, na mesma resolução do primeiro item, que **F** poderá tender a infinito desde que **a** tenda a zero.

$\boxed{a = 0}$

Respostas: a) $0 \leqslant F \leqslant \frac{mg\ (b - \mu\ h)}{a}$; b) $\mu \leqslant \frac{b}{h}$; c) $a = 0$

91.



Em relação ao centro de gravidade:

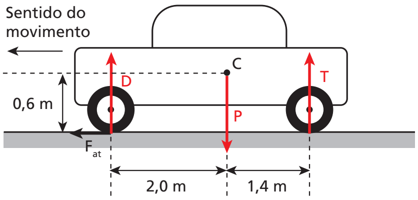
$F\ h = F_n\ \ 0,3$

$150\ h = 200 \cdot 0,3 \Rightarrow h = 0,4\ m$

$H = h + 0,8 = 0,4 + 0,8 \Rightarrow \boxed{H = 1,2\ m}$

Resposta: a

92.



- $D + T = P \Rightarrow \boxed{T = P - D}$ (I)
- Para não ocorrer a rotação do veículo, em módulo e em relação ao centro de massa, o momento horário total tem de ser igual ao momento anti-horário:

  $F_{at}\ \ 0,6 + D\ 2,0 = T\ 1,4$

  De (I): $0,6\ F_{at} + 2,0\ D = (P - D)\ 1,4 \Rightarrow F_{at} = \frac{1,4\ P - 3,4\ D}{0,6}$ (II)

  Note que **D** menor implica F_{at} maior. Assim, $D_{mín}$ implica o máximo valor de F_{at}.

  De (II): $\frac{1,4\ P - 3,4\ D}{0,6} \leqslant \mu\ D \Rightarrow 1,4\ P - 3,4\ D \leqslant 0,6 \cdot 0,75\ D \Rightarrow$

  $\Rightarrow D \geqslant \frac{1,4\ P}{3,85} \Rightarrow D_{mín} = \frac{1,4P}{3,85}$ (III)

- Com $D = D_{mín}$:

  $F_{at_{máx}} = m\ a_{máx}$

  De (II) e (III):

  $$\frac{1,4\ P - 3,4 \cdot \frac{1,4\ P}{3,85}}{0,6} = m\ a_{máx}$$

  $\boxed{a_{máx} = 2,7\ m/s^2}$

Resposta: 2,7 m/s^2

93.

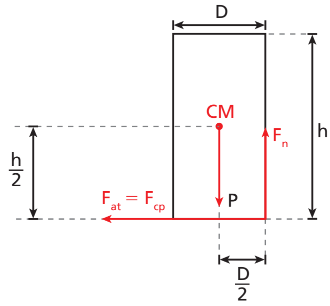
Se o cilindro estiver na iminência de **deslizar**, a força de atrito atuante nele será do tipo estático e máxima:

$$F_{at_d} = \mu\ F_n = \mu\ mg$$

$$F_{cp} = F_{at_d} \Rightarrow m\ \omega_1{}^2\ L = \mu\ m\ g \Rightarrow \boxed{\omega_1 = \sqrt{\frac{g}{L}\mu}}$$

Portanto, o cilindro só deslizará se ω for maior que ω_1.

Vamos agora supor o cilindro na iminência de **tombar**:



Em relação ao CM, os módulos dos momentos da força de atrito (resultante centrípeta) e da força normal são iguais:

$$F_{at}\,\frac{h}{2} = F_n\,\frac{D}{2} \Rightarrow m\,\omega_2^2\,L\,h = m\,g\,D \Rightarrow \boxed{\omega_2 = \sqrt{\frac{g}{L}\cdot\frac{D}{h}}}$$

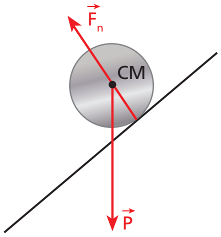
Portanto, o cilindro só tombará se ω for maior que ω_2.

Como $\mu > \frac{D}{h}$, comparando as expressões de ω_1 e ω_2, observamos que $\omega_1 > \omega_2$ ou que $\omega_2 < \omega_1$.

Então, considerando ω crescente a partir de zero, ω_2 será superado antes de ω_1 e, portanto: $\boxed{\text{o cilindro vai tombar antes de deslizar.}}$

Resposta: O cilindro vai tombar antes de deslizar.

94.



a) O torque total das forças atuantes no cilindro (peso e normal) é nulo em relação ao seu centro de massa CM. Por isso, o cilindro **não** adquire rotação. Apenas desliza sobre o plano.

b) Conservação da energia mecânica:

$$\frac{m\,v_1^2}{2} = mgH \Rightarrow \boxed{v_1 = \sqrt{2gH}}$$

c) Sim, porque, na situação em análise, não haveria deslocamento do ponto de aplicação da força de atrito estático que, por isso, não realizaria trabalho.
Essa força, com sentido oposto ao do movimento de descida do centro de massa CM, produziria um torque anti-horário em relação a esse ponto.
Consequentemente, o cilindro rolaria durante a descida, adquirindo uma energia cinética de translação:

$$\frac{m\,v_2^2}{2} + E_{\text{cinética de rotação}} = m\,g\,H \Rightarrow \boxed{v_2 < v_1}$$

Nota: Não foi solicitada a expressão de v_2 porque este livro não oferece subsídios necessários da Dinâmica da rotação, já que não aborda esse assunto.

Respostas: a) Não; b) $v_1 = \sqrt{2gH}$; c) Sim, menor.

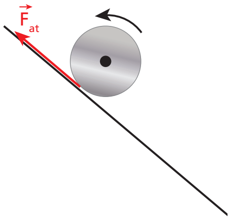
95.

a) Não havendo atrito, o torque total das forças atuantes no cilindro (peso e normal), em relação ao CM, é nulo.
Por isso, durante toda a translação do cilindro, seu movimento de rotação não sofre alteração:

$$E_{m_A} = E_{m_B}$$

$$\cancel{E_{C_{\text{rotação}}}} + \frac{mv^2}{2} = \cancel{E_{C_{\text{rotação}}}} + m\,g\,H_1 \Rightarrow \boxed{H_1 = \frac{v^2}{2g}}$$

b) O atrito estático seria solicitado na subida da rampa, produzindo torque horário, o que reduziria a velocidade angular do cilindro até cessar sua rotação: $E_{C_{\text{rotação}}}$. Nesse instante, cessaria também sua translação: $E_{C_{\text{rotação}}} = 0$.



Nesse rolamento, a força de atrito estático não realizaria trabalho porque não haveria deslocamento de seu ponto de aplicação.
Portanto, a energia mecânica se conserva:

$$E_{m_A} = E_{m_B}$$

$$\frac{mv^2}{2} + E_{C_{\text{rotação}}} = m\,g\,H_2 \Rightarrow H_2 > H_1$$

Observe que, na subida da rampa, a energia cinética de translação se converte em energia potencial gravitacional e, além disso, o atrito é suporte para a conversão da energia cinética de rotação em mais energia potencial gravitacional.

Nota: Não foi solicitada a expressão de H_2 porque este livro não oferece subsídios necessários da Dinâmica da rotação, já que não aborda esse assunto.

Respostas: a) $H_1 = \frac{v^2}{2g}$; b) maior.

Tópico 2 – Estática dos fluidos

Página 440

1.

Nas condições citadas, a massa específica da substância é constante, independentemente da quantidade, sendo calculada pela relação entre a massa e o volume da porção considerada.

$$\boxed{\mu = \frac{m}{V}}$$

Resposta: d

2.

a) $\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow \mu = \frac{1{,}0\ \text{kg}}{1{,}0\ \text{L}} = \frac{10^3\ \text{g}}{10^3\ \text{cm}^3}$

$$\boxed{\mu = 1{,}0\ \text{g/cm}^3}$$

b) $\mu = \frac{1{,}0\ \text{kg}}{1{,}0\ \text{L}} = \frac{1{,}0\ \text{kg}}{10^{-3}\ \text{m}^3} \Rightarrow \mu = 1{,}0 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3$

$$\rho = \mu g \Rightarrow \rho = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10\ (\text{N/m}^3) \Rightarrow \boxed{\rho = 1{,}0 \cdot 10^4\ \text{N/m}^3}$$

Respostas: a) $1{,}0\ \text{g/cm}^3$; b) $1{,}0 \cdot 10^4\ \text{N/m}^3$

3.

$$\mu_{G,A} = \frac{\mu_G}{\mu_A} \Rightarrow \mu_{G,A} = \frac{1{,}26}{1{,}00} \Rightarrow \boxed{\mu_{G,A} = 1{,}26}$$

Resposta: 1,26

5.

a) $p_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{mg}{A_1}$

$$p_1 = \frac{60 \cdot 10}{3{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10^{-4}}\ (\text{N/m}^2) \Rightarrow \boxed{p_1 = 2{,}0 \cdot 10^4\ \text{N/m}^2}$$

b) $p_2 = \frac{F_2}{A_2} = \frac{mg}{A_2}$

$p_2 = \frac{60 \cdot 10}{15 \cdot 10^{-4}}\,(\text{N/m}^2) \Rightarrow \boxed{p_2 = 4{,}0 \cdot 10^5\ \text{N/m}^2}$

Respostas: a) $2{,}0 \cdot 10^4\ \text{N/m}^2$; b) $4{,}0 \cdot 10^5\ \text{N/m}^2$

6.

$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow 10^{24} = \frac{10^{27}}{V} \Rightarrow \boxed{V = 1{,}0 \cdot 10^3\ \text{cm}^3 = 1{,}0\ \text{L}}$

Resposta: c

8.

(I)

$\mu_1 = \frac{m_A + m_B}{V + V} \Rightarrow \mu_1 = \frac{\mu_A V + \mu_B V}{2V}$

$\mu_1 = \frac{\mu_A + \mu_B}{2V}$ (Média aritmética)

$\mu_1 = \frac{0{,}80 + 1{,}2}{2}\,(\text{g/cm}^3) \Rightarrow \boxed{\mu_1 = 1{,}0\ \text{g/cm}^3}$

(II)

$\mu_2 = \frac{m + m}{V_A + V_B} \Rightarrow \mu_2 = \frac{2m}{\frac{m}{\mu_A} + \frac{m}{\mu_B}}$

$\mu_2 = \frac{2\mu_A\,\mu_B}{\mu_A + \mu_B}$ (Média harmônica)

$\mu_2 = \frac{2 \cdot 0{,}80 \cdot 1{,}2}{0{,}80 + 1{,}2}\ \text{g/cm}^3 \Rightarrow \boxed{\mu_2 = 0{,}96\ \text{g/cm}^3}$

Resposta: c

9.

1) A massa do líquido, de acordo com a figura, vale 80 g.
2) O volume do líquido corresponde a 2 unidades do copo, ou seja, 40 cm^3.
3) A densidade do líquido é dada por:

$\mu = \frac{m}{V} = \frac{80\text{g}}{40\ \text{cm}^3} = 2{,}0\ \text{g/cm}^3$

Resposta: d

10.

$\mu_1 = \frac{M}{V} \Rightarrow 0{,}40 = \frac{M}{V}$ (I)

$\mu_2 = \frac{M + M'}{V} \Rightarrow 1{,}2 = \frac{M + M'}{V}$ (II)

Dividindo-se, membro a membro, a equação (II) pela equação (I):

$\frac{1{,}2}{0{,}40} = \frac{(M + M')}{V} \cdot \frac{V}{M} \Rightarrow 3 = \frac{M + M'}{M}$

$3M = M + M' \Rightarrow 2M = M' \Rightarrow \boxed{\frac{M}{M'} = \frac{1}{2}}$

Resposta: $\frac{M}{M'} = \frac{1}{2}$

11.

Afiando-se a faca, reduz-se a área da região de corte (gume) do utensílio, o que aumenta a pressão sobre a peça de carne para um mesmo esforço.

Resposta: b

12.

$p_A = \frac{m_A\,g}{A_A} = \frac{\mu\,x^3\,g}{x^2} \Rightarrow p_A = \mu\,x\,g$

$p_B = \frac{m_B\,g}{A_B} = \frac{\mu\,(3x)^3\,g}{(3x)^2} \Rightarrow p_B = 3\mu\,x\,g$

Logo: $\frac{p_A}{p_B} = \frac{\mu\,x\,g}{3\mu\,x\,g} \Rightarrow \boxed{\frac{p_A}{p_B} = \frac{1}{3}}$

Resposta: $\frac{p_A}{p_B} = \frac{1}{3}$

13.

$p_1 = \frac{m\,g}{A_1}$; $p_2 = \frac{m\,g\,\cos 60°}{A} = \frac{1}{2} \cdot \frac{m\,g}{A}$

$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{mg}{A} \cdot \frac{A}{mg} \Rightarrow \boxed{\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2}}$

Resposta: $\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{2}$

14.

$p = \frac{m_{total}\,g}{A} = \frac{(m_C + m_A)\,g}{A} \Rightarrow p = \frac{(m_C + \mu_A\,Ah)\,g}{A}$

$p = \frac{8{,}0 \cdot 10^2 + 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot (2{,}0)^2 \cdot 1{,}0 \cdot 10}{(2{,}0)^2}\,(\text{N/m}^2)$

Da qual: $\boxed{p = 1{,}2 \cdot 10^4\ \text{N/m}^2 = 0{,}12\ \text{atm}}$

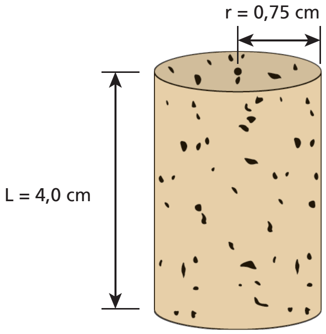
Resposta: $1{,}2 \cdot 10^4\ \text{N/m}^2$ ou 0,12 atm

15.

a) $F_{mín} = F_{at_d} \Rightarrow F_{mín} = \mu_e\,F_n$

$360 = 0{,}2\,F_n \Rightarrow \boxed{F_n = 1{,}8 \cdot 10^3\ \text{N}}$

b)



Rolha

(I) $A = 2\,\pi\,r\,L \Rightarrow A = 2 \cdot 3 \cdot 0{,}75 \cdot 4{,}0\ (\text{cm}^2)$

$\boxed{A = 18\ \text{cm}^2 = 1{,}8 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^2}$

(II) $p = \frac{F_n}{A}$

$p = \frac{1{,}8 \cdot 10^3}{1{,}8 \cdot 10^{-3}}\ (\text{N/m}^2) \Rightarrow \boxed{p = 1{,}0 \cdot 10^6\ \text{N/m}^2 \text{ ou Pa}}$

Respostas: a) $1{,}8 \cdot 10^3$ N; b) $1{,}0 \cdot 10^6$ Pa

Página 447

16.

$\left.\begin{array}{l} p = \mu \\ P = \mu \end{array}\right\} \begin{array}{l} g \\ g \end{array} \Rightarrow \frac{\overset{h}{p}}{\underset{H}{P}} = \frac{\mu\,g\,h}{\mu\,g\,H} \Rightarrow \boxed{\frac{p}{P} = \frac{h}{H}}$

Resposta: c

17.

$p_A = \mu\, g\, h;\ p_B = p_C = \mu\, g\, H$

Como $H > h \Rightarrow \boxed{p_A < p_B = p_C}$

Resposta: e

18.

a) $\boxed{p_A = p_B = p_C = \mu\, g\, h}$

b) $F = pA$

Como as pressões hidrostáticas nos fundos dos recipientes são iguais e as áreas das paredes dos fundos também são iguais, conclui-se que:

$\boxed{F_A = F_B = F_C}$

A igualdade de forças de pressão verificada é conhecida como Paradoxo Hidrostático.

Respostas: a) $p_A = p_B = p_C$; b) $F_A = F_B = F_C$

20.

(I) A pressão hidrostática total será dada pela soma das pressões hidrostáticas parciais, isto é:

$p = p_1 + p_2 + p_3 \Rightarrow p = \mu_1\, g\, h_1 + \mu_2\, g\, h_2 + \mu_3\, g\, h_3$

$p = (1{,}5 \cdot 2{,}0 + 2{,}0 \cdot 4{,}0 + 4{,}0 \cdot 6{,}0)10^3 \cdot 10^{-2} \cdot 10\ (N/m^2)$

Da qual: $\boxed{p = 3{,}5 \cdot 10^3\ N/m^2}$

(II) $F = pA \Rightarrow F = 3{,}5 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-4}\ (N)$

$\boxed{F = 7{,}0\ N}$

Resposta: 7,0 N

22.

Pontos pertencentes ao mesmo líquido em equilíbrio, situados no mesmo nível horizontal, suportam pressões iguais (consequência do Teorema de Stevin). Logo:

$p_5 = p_6$ e $p_3 = p_4$

Na região ocupada pelo gás, a pressão é a mesma em todos os pontos. Logo:

$p_2 = p_4 \Rightarrow p_2 = p_4 = p_3$

Ainda: $p_1 = P_{atm}$

Resposta: d

23.

$P_{atm} + P_{Hg} = P_{Gás} \Rightarrow P_{atm} + (131 - 55) = 136$

Da qual: $\boxed{P_{atm} = 60\ cm\ Hg}$

Resposta: 60 cm Hg

24.

$p_{Gás} = p_{atm} + p_{Hg} \Rightarrow p_{Gás} = 72 + 50\ (cm\ Hg)$

$\boxed{p_{Gás} = 122\ cm\ Hg}$

Resposta: 122 cm Hg

25.

$p_1 = p_2 = \mu\, g\, h$

$|\vec{f}_1| = p_1\, A_1 \quad \Rightarrow \quad |\vec{f}_1| = \mu\, g\, h\, A$

$|\vec{f}_2| = p_2\, A_2 \quad \Rightarrow \quad |\vec{f}_2| = \mu\, g\, h\, 4A$

$$\frac{|\vec{f}_1|}{|\vec{f}_2|} = \frac{\mu\ g\ h\ A}{\mu\ g\ h\ 4A}$$

Assim: $\boxed{\dfrac{|\vec{f}_1|}{|\vec{f}_2|} = \dfrac{1}{4}}$

Resposta: $\dfrac{|\vec{f}_1|}{|\vec{f}_2|} = \dfrac{1}{4}$

26.

$\Delta V = A\, \Delta h \ \Rightarrow 5{,}0 \cdot 10^{-5} = 2{,}0 \cdot 10^{-3}\, \Delta h$

$\Delta h = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\ m$

$\Delta p = \mu\, g\, \Delta h \quad \Rightarrow \quad \Delta p = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-2}\ (Pa)$

Donde: $\boxed{\Delta p = 2{,}5 \cdot 10^2\ Pa}$

Resposta: $2{,}5 \cdot 10^2$ Pa

27.

$p = \mu_M\, g\, H_M = \mu_A\, g\, H_A$

$H_A = \dfrac{\mu_M}{\mu_A} \cdot H_M$

$H_{mín} = 13 \cdot 80\ mm = 1\,040\ mm$

$H_{máx} = 13 \cdot 120\ mm = 1\,560\ mm$

Resposta: a

29.

(I) Aplicando aos pontos 1 e 2 o Teorema de Stevin, vem:

$p_2 - p_1 = \mu\, g\, h$

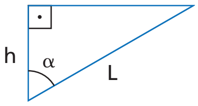
$p_{atm} - 0 = \mu\, g\, h$

$1{,}01 \cdot 10^5 = 13{,}6 \cdot 10^3 \cdot 9{,}81\ h$

Da qual: $\boxed{h \cong 0{,}757\ m = 75{,}7\ cm}$

(II) $\cos \alpha = \dfrac{h}{L}$

$\cos \alpha = \dfrac{75{,}7}{151} \cong 0{,}50$



Logo: $\boxed{\alpha \cong 60°}$

Resposta: $\alpha \cong 60°$

30.

Água: $p_{ar_{boca}} + \mu_A\, g\, h_A = p_{atm}$ (I)

Óleo: $p_{ar_{boca}} + \mu_0\, g\, h_0 = p_{atm}$ (II)

Comparando (I) e (II):

$p_{ar_{boca}} + \mu_A\, g\, h_A = p_{ar_{boca}} + \mu_0\, g\, h_0$

$\dfrac{\mu_0}{\mu_A} = \dfrac{h_A}{h_0} \Rightarrow \dfrac{\mu_0}{\mu_A} = \dfrac{8{,}0}{10{,}8} \Rightarrow \boxed{\dfrac{\mu_0}{\mu_A} = 0{,}80}$

Resposta: 0,80

31.

A água invadirá a garrafa, preenchendo-a completamente.

É importante lembrar que, se fosse possível, a água subiria a uma altura de 10 m empurrada pelas forças da pressão atmosférica.

Resposta: a

32.

Lê-se no barômetro de Torricelli, à direita, que a pressão atmosférica local é de 70 cm Hg. Logo:

$p_M = p_{Hg} + p_{atm} \Rightarrow p_M = 20 + 70\ (cm\ Hg)$

$\boxed{p_M = 90\ cm\ Hg}$

$p_N = p_{Hg} \quad \Rightarrow \quad \boxed{p_N = 20\ cm\ Hg}$

Resposta: Gás **M**: 90 cm Hg; gás **N**: 20 cm Hg.

33.

$p_{gás} + p_{Hg} = p_0$

$p_{gás} + \mu_{Hg}\, g\, h = p_0$

$p_{gás} + 13,6 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,50 = 1,0 \cdot 10^5$

$\boxed{p_{gás} = 0,32 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0,32 \text{ atm}}$

Resposta: 0,32 atm

Página 457

34.

O acréscimo de pressão Δp transmite-se integralmente, manifestando-se em todos os pontos do líquido (Teorema de Pascal).

Resposta: a

35.

a) $p = p_0 + \mu\, g\, h \Rightarrow 4,0 \cdot 10^5 = 1,0 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10\, h$

Da qual: $\boxed{h = 30 \text{ m}}$

b) (I) $\Delta p = \mu\, g\, \Delta h \Rightarrow 1,0 \cdot 10^4 = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10\, \Delta h$

$\boxed{\Delta h = 1,0 \text{ m}}$

(II) $v = \dfrac{\Delta h}{\Delta t} \Rightarrow v = \dfrac{1,0 \text{m}}{1,0 \text{s}} \Rightarrow \boxed{v = 1,0 \text{ m/s}}$

Respostas: a) 30 m; b) 1,0 m/s

36.

$p_B = p_A \Rightarrow p_0 + \mu_2\, g\, h_2 = p_0 + \mu_1\, g\, h_1$

$\mu_2\, 2,0 = 0,80 \cdot 34 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\mu_2 = 13,6 \text{ g/cm}^3}$

Resposta: 13,6 g/cm³

37.

(I)

$p_B = p_A \Rightarrow p_0 + \mu_0\, g\, h_0 + \mu_{Hg}\, g\, h_{Hg} = p_0 + \mu_A\, g\, h_A$

$0,80 \cdot 6,0 + 13,6\, h_{Hg} = 1,0 \cdot 32,0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{h_{Hg} = 2,0 \text{ cm}}$

(II) $x = h_A - h_0 - h_{Hg} \Rightarrow x = 32,0 - 6,0 - 2,0 \text{ (cm)}$

$\boxed{x = 24,0 \text{ cm}}$

Resposta: 24,0 cm

38.

$\Delta p_B = \Delta p_A \Rightarrow \dfrac{F_B}{A_B} = \dfrac{F_A}{A_A} \Rightarrow \dfrac{F_B}{\pi R_B^2} = \dfrac{F_A}{\pi R_A^2}$

$F_B = \left(\dfrac{R_B}{R_A}\right)^2 F_A \Rightarrow F_B = \left(\dfrac{20}{5,0}\right)^2 \cdot 5,0 \text{ (N)}$

$\boxed{F_B = 80,0 \text{ N}}$

Resposta: 80,0 N

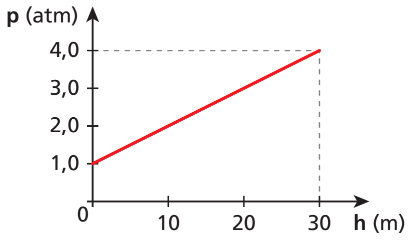
39.

a) $\left.\begin{array}{l} p_i = p_0 + \mu\, g\, h_i \\ p_{i+1} = p_0 + \mu\, g\, h_{i+1} \end{array}\right\} \begin{array}{l} \Delta p = p_{i+1} - p_i \\ \Delta p = \mu\, g\, (h_{i+1} - h_i) \Rightarrow \Delta p = \mu\, g\, \Delta h \end{array}$

$\Delta p = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10 \text{ (N/m}^2\text{)}$

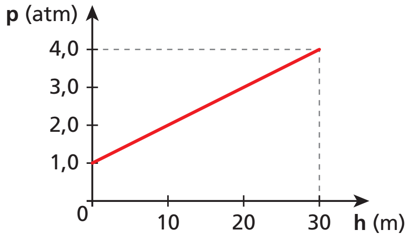
$\boxed{\Delta p = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,0 \text{ atm}}$

b) A função p = f (h) é do 1º grau e o gráfico, uma reta oblíqua.



Respostas: a) 1,0 atm ou $1,0 \cdot 10^5$ Pa

b)



40.

I. $p_{esq} = p_{dir} \Rightarrow p_0 + \mu_1\, g\, h_1 = p_0 + \mu_2\, g\, h_2$

$0,80 h_1 = 1,0\, h_2 \Rightarrow h_2 = \dfrac{4}{5}\, h_1 \text{ (I)}$

II. $h_1 - h_2 = h \Rightarrow h_1 - h_2 = 2,0 \text{ (II)}$

Substituindo-se (I) em (II):

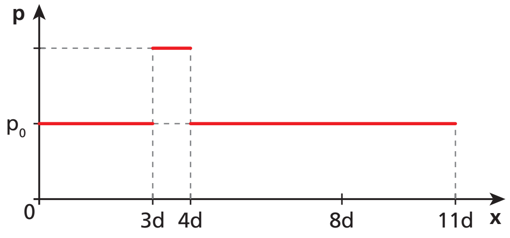
$h_1 - \dfrac{4}{5}\, h_1 = 2,0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{h_1 = 10 \text{ cm}}$

Logo: $h_2 = \dfrac{4}{5} \quad 10 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \boxed{h_2 = 8,0 \text{ cm}}$

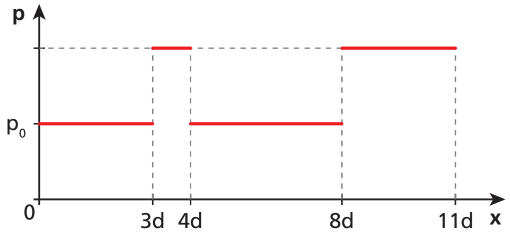
Resposta: c

41.

Se o eixo **x** passasse pela superfície livre do líquido da direita, o gráfico seria como esboçamos a seguir.



Já se o eixo **x** passasse pela superfície de separação dos dois líquidos, o gráfico seria como esboçamos a seguir.



A melhor opção é a alternativa **b**.

Resposta: b

42.

$p_{dir} = p_{esq}$

$\mu_C\, g\, x + p_0 = \mu_B\, g\, 2\, h + \mu_A\, g\, 4\, h + p_0$

$\mu_C\, x = \mu_B\, 2\, h + \mu_A\, 4\, h$

Fazendo-se: $\mu_B = 2\mu_A$ e $\mu_C = 3\mu_A$, vem:

$3\mu_A\, x = 2\mu_A\, 2h + \mu_A\, 4\, h$

$3x = 4\,h + 4\,h \quad \Rightarrow \quad \boxed{x = \frac{8}{3}\, h}$

Resposta: $x = \frac{8}{3}\, h$

43.

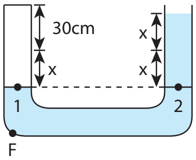
a)

(I) $p_1 = p_2$

$\mu_0\, g(30 + x) + p_0 = \mu_a\, g\, 2x + p_0$

$0{,}80\,(30 + x) = 1{,}0 \cdot 2x$

Assim: $\boxed{x = 20 \text{ cm}}$



(II) $V_{máx} = 4{,}0\,(30 + x) = 4{,}0 \quad (30 + 20)\ (\text{cm}^3)$

$\boxed{V_{máx} = 2{,}0 \cdot 10^2 \text{ cm}^3}$

b) $p_1 = \mu_0\, g\, h_0 + p_0$

$p_1 = 0{,}80 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}50 + 1{,}00 \cdot 10^5\ (\text{Pa})$

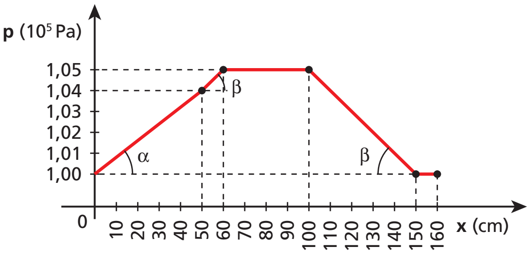
$\boxed{p_1 = 1{,}04 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$

$p_F = \mu_a\, g\, h_a + p_1$

$p_F = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}10 + 1{,}04 \cdot 10^5\ (\text{Pa})$

$\boxed{p_F = 1{,}05 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$

Gráfico:



Respostas: a) $2{,}0 \cdot 10^2$ cm³; b) Veja o gráfico na resolução.

44.

(I) Inicialmente, devemos calcular a altura da coluna de mercúrio capaz de exercer a mesma pressão que uma coluna de óleo de altura igual a 272 mm.

$p_{Hg} = p_{óleo} \Rightarrow 13{,}6 \cdot g \cdot h_{Hg} = 0{,}80 \cdot g \cdot 272$

$\boxed{h_{Hg} = 16 \text{ mm}}$

(II) $p_{ar} = p_{Hg}' + p_0$

$p_{ar} = (16 + 10) + 760\ [\text{mm Hg}]$

$\boxed{p_{ar} = 786 \text{ mm Hg}}$

Resposta: 786 mm Hg

46.

(I) Analisando-se a alavanca interfixa:

$F_1 d_1 = F d \Rightarrow F_1 \cdot 40 = 50 \cdot 200$

Da qual: $\boxed{F_1 = 250 \text{ N}}$

(II) Conforme o Teorema de Pascal:

$\Delta p_2 = \Delta p_1 \Rightarrow \frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$

$\frac{F_2}{80} = \frac{250}{40} \Rightarrow \boxed{F_2 = 500 \text{ N}}$

Resposta: e

47.

a) $\frac{F_1}{A_1} = \frac{m\,g}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{1{,}0} = \frac{1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10}{10}$

$\boxed{F_1 = 1{,}0 \cdot 10^3 \text{ N}}$

b) $\tau_2 = m\,g\,h_2 \Rightarrow \tau_2 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 3{,}0 \ (\text{J})$

$\boxed{\tau_2 = 3{,}0 \cdot 10^4 \text{ J}}$

$\tau_1 = \tau_2 = 3{,}0 \cdot 10^4 \text{ J}$

$\boxed{\tau_1 = \tau_2 = 3{,}0 \cdot 10^4 \text{ J (conservação do trabalho)}}$

Respostas: a) $1{,}0 \cdot 10^3$ N; b) Os dois trabalhos valem $3{,}0 \cdot 10^4$ J.

Página 463

48.

a) $m_x > m_y$

b) $P_x > P_y$

c) $\left.\begin{array}{l} d_x = \frac{m_x}{V} \\ d_y = \frac{m_y}{V} \end{array}\right\} m_x > m_y \Rightarrow d_x > d_y$

d) $\left.\begin{array}{l} T_x = P_x - E \\ T_y = P_y - E \end{array}\right\} P_x > P_y \Rightarrow T_x > T_y$

Resposta: e

49.

O empuxo aumenta com o volume do corpo do peixe. A partir do momento em que o empuxo supera o peso, o peixe sobe.

Resposta: b

50.

A água salgada é mais densa que a água doce, especialmente a do Mar Morto, que tem um elevadíssimo teor de salinidade. Com isso, provoca-se um maior empuxo para um mesmo volume imerso.

Resposta: b

52.

a) O cubo começa a ser envolvido pelo fluido quando y = 10 cm. Logo:

$\boxed{L = 10\text{ cm}}$

O crescimento da intensidade da força de tração no fio indica que o bloco está sendo envolvido pelo fluido que sobe pelas suas paredes laterais.

Por isso:

$A = \Delta y \Rightarrow A = (30 - 10)\text{ cm}$

$\boxed{A = 20\text{ cm}}$

b) Cubo totalmente imerso:

$E = T$

$\mu_{\text{fluido}}\, V\, g = T \Rightarrow \mu_{\text{fluido}}\, A^3\, g = T$

$\mu_{\text{fluido}}\, (0{,}20)^3\ 10 = 160$

$\boxed{\mu_{\text{fluido}} = 2{,}0 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3 = 2{,}0\text{ g/cm}^3}$

Respostas: a) L = 10 cm, A = 20 cm; b) 2,0 g/cm^3

53.

a) (I) Lei de Hooke: $F = K\,\Delta x$

Do gráfico: $F = 0{,}8\text{ N} \Rightarrow \Delta x = 0{,}08\text{ m}$

$0{,}8 = K\, 0{,}08 \Rightarrow \boxed{K = 10\text{ N/m}}$

(II) Bloco suspenso no ar:

$P = F_1 \Rightarrow P = K\,\Delta x_1$

$P = 10 \cdot 7{,}5 \cdot 10^{-2}\text{ N}$

$\boxed{P = 0{,}75\text{ N}}$

(III) Bloco suspenso no líquido:

$E + F_2 = P \Rightarrow E + K\,\Delta x_2 = P$

$E + 10 \cdot 3{,}5 \cdot 10^{-2} = 0{,}75$

$\boxed{E = 0{,}40\text{ N}}$

b) $E = \mu_{\text{fluido}}\, V\, g$

$0{,}40 = \mu_{\text{fluido}} \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-5} \cdot 10$

$\boxed{\mu_{\text{fluido}} = 8{,}0 \cdot 10^2\text{ kg/m}^3}$

Respostas: a) 0,40 N; b) 8,0 · 10^2 kg/m^3

54.

$2E = P_A + P_B \Rightarrow 2\mu\, V\, g = \mu_A\, V\, g + \mu_B\, V\, g$

$\mu = \dfrac{\mu_A + \mu_B}{2} \Rightarrow \mu = \dfrac{0{,}50 + 1{,}0}{2}\ (\text{g/cm}^3)$

$\boxed{\mu = 0{,}75\text{ g/cm}^3}$

Resposta: d

56.

$E = P \Rightarrow \mu_A\, V_i\, g = \mu_G\, V\, g$

$V_i = \dfrac{\mu_G}{\mu_A}\, V \Rightarrow V_i = \dfrac{0{,}90}{1{,}0}\, V$

Da qual: $\boxed{V_i = 90\%\ V}$

Resposta: 90%

57.

a) $E = P \Rightarrow E = mg \Rightarrow E = 0{,}63 \cdot 10{,}0\ (\text{N})$

$\boxed{E = 6{,}3\text{ N}}$

b) $E = \mu V_i g \Rightarrow 6{,}3 = \mu\, 500 \cdot 10^{-6} \cdot 10$

Da qual: $\boxed{\mu = 1{,}26 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3 = 1{,}26\text{ g/cm}^3}$

Respostas: a) 6,3 N; b) Glicerina

58.

Flutuação na água:

$E_A = P \Rightarrow \mu_A\, V_A\, g = P\ (\text{I})$

Flutuação no líquido:

$E_L = P \Rightarrow \mu_L\, V_L\, g = P\ (\text{II})$

Comparando (I) e (II), vem:

$\mu_L\, V_L\, g = \mu_A\, V_A\, g$

$\mu_L\, Ah_L = \mu_A\, A\, h_A$

$\mu_L\, 8{,}0 = 1{,}0 \cdot 10{,}0$

Logo: $\boxed{\mu_L = 1{,}25\text{ g/cm}^3}$

Resposta: e

59.

- Flutuação da água:

  $E_A = P \Rightarrow \mu_A\, \dfrac{1}{8}\, V\, g = P \quad (\text{I})$

- Flutuação no líquido X:

  $E_X = P \Rightarrow \mu_X\, \dfrac{1}{6}\, V\, g = P \quad (\text{II})$

- Comparando-se as equações (I) e (II):

  $\mu_X\, \dfrac{1}{6}\, Vg = \mu_A\, \dfrac{1}{8}\, Vg \Rightarrow \boxed{\dfrac{\mu_x}{\mu_A} = \dfrac{3}{4}}$

Resposta: $\dfrac{3}{4}$

60.

a) $T + P = E \Rightarrow T + \mu_i\, V\, g = \mu_a\, V\, g$

$T = (\mu_a - \mu_i)\, V\, g$

$T = (1{,}0 - 0{,}60) \cdot 10^3 \cdot 2{,}0 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6} \cdot 10\ (\text{N})$

$\boxed{T = 0{,}80\text{ N}}$

b) $E = P \Rightarrow \mu_A\, V_{im}\, g = \mu_i\, V\, g$

$V_{im} = \dfrac{\mu_i}{\mu_A}\, V \Rightarrow V_{im} = \dfrac{0{,}60}{1{,}0}\, V$

$\boxed{V_{im} = 60\%\ V}$

Respostas: a) 0,80 N; b) 60%

61.

a) Com a imersão da esfera na água, a intensidade da força de tração na mola diminui. Com isso, a mola se contrai, fazendo o ponteiro deslocar-se para cima.

b) $E = \Delta T \Rightarrow \mu_A\, V\, g = K\,\Delta x$

$1{,}0 \cdot 10^3\, V\, 10 = 1{,}0 \cdot 10^2 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-2}$

$\boxed{V = 1{,}0 \cdot 10^{-4}\text{ m}^3 = 1{,}0 \cdot 10^2\text{ cm}^3}$

Respostas: a) Para cima; b) 1,0 · 10^2 cm^3

62.

a) $E_A = \mu_{\text{água}}\, V_A\, g$

$E_A = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ (N)}$

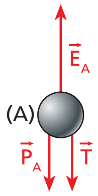
$\boxed{E_A = 30 \text{ N}}$

b) Equilíbrio de **A**:

$T + P_A = E_A \Rightarrow T + \mu_A V_A\, g = E_A$

$T + 6{,}0 \cdot 10^2 \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 30$

$\boxed{T = 12 \text{ N}}$

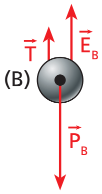


c) Equilíbrio de **B**:

$T + E_B = P_B \Rightarrow T + E_B = m_B\, g$

$12 + 8{,}0 = m_B\, 10$

$\boxed{m_B = 2{,}0 \text{ kg}}$



Respostas: a) 30 N; b) 12 N; c) 2,0 kg

63.

a) $T_{\text{esq.}} = T_{\text{dir.}} \Rightarrow m\,g - E = M\,g$

$E = (m - M)g \Rightarrow E = (5{,}0 - 2{,}0) \cdot 10^{-1} \cdot 10 \text{ (N)}$

$\boxed{E = 3{,}0 \text{ N}}$

b) $E = \mu_{\text{líq.}}\, V\, g \Rightarrow 3{,}0 = \mu_{\text{líq.}}\; 30 \cdot 10^{-6} \cdot 10$

$\boxed{\mu_{\text{líq.}} = 1{,}0 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3}$

Respostas: a) 3,0 N; b) $1{,}0 \cdot 10^4$ kg/m³

64.

a) $E = \mu_{\text{líq.}}\, V\, g \Rightarrow E = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ (N)}$

$\boxed{E = 10 \text{ N}}$

b) $F_e\, 40 = T\, 80 \Rightarrow F_e = 2\,(P - E)$

$K\, \Delta x = 2\,(\mu_{Fe}\, V\, g - E)$

$2{,}8 \cdot 10^3\, \Delta x = 2\,(8{,}0 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 - 10)$

$\boxed{\Delta x = 5{,}0 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 5{,}0 \text{ cm}}$

Respostas: a) 10 N; b) 5,0 cm

65.

$P_A + P_B = E_A + E_B \Rightarrow (d + d_B)\, Vg = (2d + 3d)\, Vg$

Da qual: $\boxed{d_B = 4\,d}$

Resposta: d

67.

$F_1 = F_2 = P_{\text{recipiente mais água}}$

$F_3 = P_{\text{recipiente mais água}} + P_{\text{esfera}}$

$\boxed{F_1 = F_2 < F_3}$

Resposta: e

68.

Em ambas as situações, o empuxo exercido pela água deverá equilibrar o mesmo peso total. Por isso, nos dois casos, o empuxo terá a mesma intensidade, implicando que o volume de água deslocado seja o mesmo. Com isso, a altura **h** não sofrerá alterações.

$V_{\text{imerso final}} = V_{\text{imerso inicial}}$

$V + V_{\text{imerso bloco grande}} = \dfrac{3}{5}\, 5V$

Da qual: $\boxed{V_{\text{imerso bloco grande}} = 2V = \dfrac{2}{5}\, 5V}$

Resposta: b

69.

(I) $E = P \Rightarrow \mu_a V_i\, g = \mu_m V\, g \Rightarrow \mu_a A^2\, h = \mu_m A^3$

$h = \dfrac{\mu_m}{\mu_a} \cdot A \Rightarrow h = \dfrac{0{,}80}{1{,}0} \cdot 20 \text{ (cm)}$

$\boxed{h = 16 \text{ cm}}$

(II) $\Delta p = \mu_a\, gh \Rightarrow \Delta p = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}16 \text{ (Pa)}$

$\boxed{\Delta p = 1{,}6 \cdot 10^3 \text{ Pa}}$

Resposta: b

70.

(I) $P = E_1 \Rightarrow \rho_m A^3\, g = \rho_a\, \dfrac{3}{5}\, A \cdot A^2\, g$

$\rho_m = 1{,}0 \cdot \dfrac{3}{5} \text{ (g/cm}^3) \Rightarrow \boxed{\rho_m = 0{,}60 \text{ g/cm}^3}$

(II) $T + P = E_2 \Rightarrow T + \rho_m A^3\, g = \rho_a A^3\, g$

$T = A^3\, g\,(\rho_a - \rho_m) \Rightarrow T = (0{,}20)^3 \cdot 10\,(1{,}0 - 0{,}60) \cdot 10^3 \text{ (N)}$

Da qual: $\boxed{T = 32 \text{ N}}$

Resposta: c

71.

Flutuação: $P = E$

$(M_C + m_T + N\, m)g = \rho_A\, V_T\, g$

$1560 + 120 + N\, 70 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 2400 \cdot 10^{-3}$

$N \cong 10{,}3$ pessoas

Para o “caminhão-balsa” não afundar:

$\boxed{N_{\text{máx}} = 10 \text{ pessoas}}$

Resposta: c

73.

$P_{ap} = P - E \Rightarrow P_{ap} = P - \rho\, V\, g$

Sendo: $\rho_C = \dfrac{m}{V} \Rightarrow V = \dfrac{m}{\rho_C}$

Vem:

$P_{ap} = P - \rho\, \dfrac{m}{\rho_C}\, g$

Da qual: $P_{ap} = P \left(1 - \dfrac{\rho}{\rho_C}\right)$

$5\,000 = 8\,000 \left(1 - \dfrac{1{,}0 \cdot 10^3}{\rho_C}\right)$

$\dfrac{5}{8} = 1 - \dfrac{1{,}0 \cdot 10^3}{\rho_C} \Rightarrow \dfrac{1{,}0 \cdot 10^3}{\rho_C} = \dfrac{3}{8}$

Da qual: $\boxed{\rho_C = \dfrac{8}{3} \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3}$

Resposta: b

74.

- $P_{total} = E_L + E_B \Rightarrow P_{total} = 1{,}0\ (20)^2\ (H - 15)\ g + 1{,}0 \cdot (10)^3\ g$

  $P_{total} = 400\ (H - 15)\ g + 1\,000\ g \quad (I)$
- $P_{total} = E'_L \Rightarrow P_{total} = 1{,}0\ (20)^2\ (H - y)\ g$

  $P_{total} = 400\ (H - y)\ g \quad (II)$
- Comparando-se (I) e (II), vem:

  $400\ (H - y)\ g = 400\ (H - 15)g + 1\,000\ g$

  $400\ H - 400\ y = 400\ H - 6\,000 + 1\,000$

  $- 400\ y = - 5\,000 \Rightarrow \boxed{y = 12{,}5\ \text{cm}}$

Resposta: d

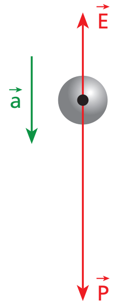
76.

A pedra e a água trocarão forças de ação e reação (empuxo). Na água, a força de ação ($-\vec{E}$) será vertical e dirigida para baixo, o que fará a indicação de (B) aumentar. Na pedra, porém, a força de reação ($\vec{E}$) será vertical e dirigida para cima, o que fará a indicação de (b) diminuir.

Resposta: A indicação de (**B**) aumentará, enquanto a indicação de (**b**) diminuirá.

77.

No instante em que o corpo inicia seu movimento de descida, a força de resistência viscosa ainda não começou a agir. Por isso, o corpo vai se apresentar sob a ação exclusiva do peso ($\vec{P}$) e do empuxo ($\vec{E}$).



2ª Lei de Newton: $F_{res} = m\,a$

$P - E = m\,a \Rightarrow \mu\,V\,g - \mu_a V\,g = \mu\,V\,a$

$$a = \frac{(\mu - \mu_a)\ g}{\mu} \Rightarrow a = \frac{(7{,}5 - 1{,}5)}{7{,}5} \cdot 10\ (\text{m/s}^2)$$

Da qual: $\boxed{a = 8{,}0\ \text{m/s}^2}$

Resposta: a

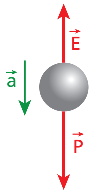
78.

$P = m\,g = 1{,}0 \cdot 10\ (N)$

$P = 10\ N$

$E = \mu_{água} V\,g = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8 \cdot 10^{-4} \cdot 10\ (N)$

$E = 9{,}8\ N$



Aplicando-se a 2ª Lei de Newton, vem:

$P - E = m\,a$

$10 - 9{,}8 = 1{,}0\ a \Rightarrow a = 0{,}20\ \text{m/s}^2$

O tempo é calculado por:

$$\Delta s = v_0 t + \frac{\alpha}{2} t^2 \Rightarrow 2{,}5 = \frac{0{,}20}{2} t^2 \Rightarrow \boxed{t = 5{,}0\ s}$$

Resposta: 5,0 s

79.

a)
- $E = \mu_a V\,g \quad (I)$

  $P = m\,g \Rightarrow P = \mu_B\,Vg$

  $P = \frac{2}{3}\,\mu_a\,V\,g \quad (II)$

  Dividindo (I) por (II):

  $$\frac{E}{P} = \frac{\mu_a\ V\ g}{\frac{2}{3}\mu_a\ V\ g} \Rightarrow \boxed{E = \frac{3}{2}\ P}$$
- Teorema da Energia Cinética:

  $\tau_{total} = \Delta E_C$

  $\tau_{\vec{P}} + \tau_{\vec{E}} = 0$

  $P(h + x) - E\,x = 0$

  $P(10 + x) - \frac{3}{2}\ P\,x = 0$

  $2(10 + x) = 3x$

  $20 + 2x = 3x \Rightarrow \boxed{x = 20\ \text{m}}$

b) Cálculo do tempo de queda livre da bola até a superfície da água:

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

$$10 = 0 + \frac{10}{2}\ t_1^2 \Rightarrow \boxed{t_1 = \sqrt{2}\ s}$$

Teorema do Impulso para toda a descida da bola:

$|\vec{I}_{total}| = |\Delta\vec{Q}|$

$P(t_1 + t_2) - E\,t_2 = 0$

$P(\sqrt{2} + t_2) - \frac{3}{2}\ P\,t_2 = 0$

$2\sqrt{2} + 2t_2 = 3t_2 \Rightarrow \boxed{t_2 = 2\sqrt{2}s}$

O tempo de subida e o tempo de descida no interior da água são iguais. Logo:

$T = 2t_2 \Rightarrow \boxed{T = 4\sqrt{2}\ s}$

Respostas: a) 20 m; b) $4\sqrt{2}$ s

Página 471

80.

$$\mu = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\mu} = \frac{10\,000}{0{,}8}\ (\text{cm}^3)$$

$V = 12500\ \text{cm}^3 = 12{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{m}^3$

$A\,e = V \Rightarrow A\,0{,}1 \cdot 10^{-3} = 12{,}5 \cdot 10^{-3}$

$\boxed{A = 125\ \text{m}^2}$

Resposta: c

81.

a) A aeronave decola quando a força de sustentação aplicada pelo ar supera seu peso. Isso ocorre a partir do instante t = 10 s (leitura do gráfico).

b) Para t = 20 s, temos, do gráfico: $F_{sust} = 3{,}0 \cdot 10^3\ N$

$$\Delta p = \frac{F_{sust}}{A} = \frac{3{,}0 \cdot 10^3}{50}\ (\text{N/m}^2)$$

Donde: $\boxed{\Delta p = 60\ \text{N/m}^2}$

Respostas: a) A partir do instante t = 10 s; b) 60 N/m²

82.

$p = \mu\, g\, h \;\Rightarrow\; p = 1{,}04 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 2{,}0 \text{ (Pa)}$

$\boxed{p = 0{,}208 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 0{,}208 \text{ atm}}$

1 atm ——— 760 mm Hg
0,208 atm — p

$\boxed{p \cong 158 \text{ mm Hg}}$

Resposta: e

83.

(I) Como o tampão está sujeito à pressão atmosférica em sua face de cima e em sua face de baixo, devemos considerar apenas a pressão hidrostática exercida pela água sobre ele.

$p = \mu\, g\, h \;\Rightarrow\; p = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}25 \text{ (N/m}^2\text{)}$

$\boxed{p = 2{,}5 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2}$

(II) Cálculo da intensidade da força da água sobre o tampão:

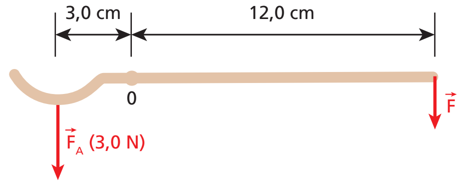
$$p = \frac{F_A}{A} \;\Rightarrow\; F_A = p\,A$$

$$F_A = p\,\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 = p\,\pi\,\frac{D^2}{4}$$

$$F_A = 2{,}5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot \frac{(4{,}0 \cdot 10^{-2})^2}{4} \text{ (N)}$$

Da qual: $\boxed{F_A = 3{,}0 \text{ N}}$

(III)



Momento nulo em relação a **O**:

$F \cdot 12{,}0 = 3{,}0 \cdot 3{,}0$

$\boxed{F = 0{,}75 \text{ N}}$

Resposta: 0,75 N

84.

a) Pressão hidrostática em $t_0 = 0$:

$p_i = \mu_a\, g\, h_i = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10^{-2} \text{ (Pa)}$

$\boxed{p_i = 1{,}0 \cdot 10^3 \text{ Pa}}$

Cálculo da altura final da coluna de água:

$$Z = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{A \Delta h}{\Delta t} \;\Rightarrow\; \Delta h = \frac{Z \Delta t}{A}$$

$$\Delta h = \frac{1{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 20}{1{,}0} \;\Rightarrow\; \Delta h = 20 \text{ cm}$$

$h_f = h_i + \Delta h \;\Rightarrow\; h_f = 10 + 20 \text{ (cm)}$

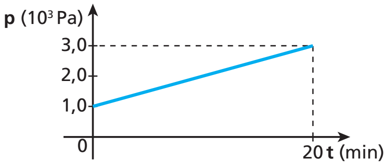
$\boxed{h_f = 30 \text{ cm}}$

Pressão hidrostática em t = 20 min:

$p_f = \mu_a\, g\, h_f = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 10^{-2} \text{ (Pa)}$

$\boxed{p_f = 3{,}0 \cdot 10^3 \text{ Pa}}$

A função p = f(t) é do 1º grau e o gráfico correspondente está dado a seguir:



b) Na parede do fundo tem-se:

$F_F = p_F\, A_F = 3{,}0 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0 \text{ (N)} \;\Rightarrow\; \boxed{F_F = 3{,}0 \cdot 10^3 \text{ N}}$

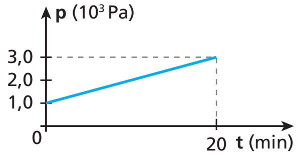
Nas paredes laterais, tem-se:

$$F_L = \frac{P_f}{2}\, A_L = \frac{3{,}0 \cdot 10^3}{2} \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}30 \text{ (N)}$$

$\boxed{F_L = 4{,}5 \cdot 10^2 \text{ N}}$

Respostas:

a)



b) Parede do fundo: $3{,}0 \cdot 10^3$ N
paredes laterais: $4{,}5 \cdot 10^2$ N

85.

$p_{Hg} + p_{ar} = p_L + p_{atm}$

Como $p_{ar} = p_{atm}$, vem:

$p_{Hg} = p_L \;\Rightarrow\; \mu_{Hg}\, g\, (a - b) = \mu_L\, g\, c \text{ sen } \theta$

$13{,}5\,(10 - 8) = \mu_L\, 45 \cdot 0{,}50$

$\boxed{\mu_L = 1{,}2 \text{ g/cm}^3}$

Resposta: 1,2 g/cm³

86.

a) $p_{II} = p_I$

$\rho_{II}\, g\, h_{II} + p_0 = \rho_I\, g\, h_I + p_0$

$\rho_{II}\, h_{II} = \rho_I\, h_I \;\Rightarrow\; \rho_{II}\, 60 = 1{,}8 \cdot 10^3 \cdot 20$

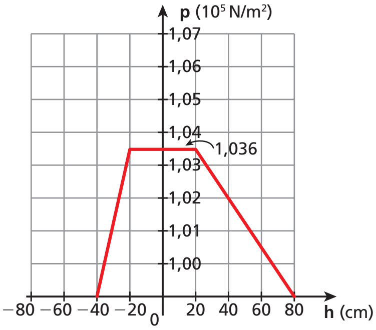
$\boxed{p_{II} = 6{,}0 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3}$

b) Cálculo da pressão absoluta no fundo do tubo:

$p = \rho_I\, g\, h_I + p_0$

$p = 1{,}8 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}20 + 1{,}0 \cdot 10^5 \text{ (N/m}^2\text{)}$

$\boxed{p = 1{,}036 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2}$



Respostas:

a) $6{,}0 \cdot 10^2$ kg/m³; b) Ver o gráfico na resolução.

87.

Inicialmente, a mola encontra-se comprimida porque o gelo, que é menos denso que a água, tende a subir, buscando emergir parcialmente. Após a fusão do gelo, no entanto, a força de compressão sobre a mola desaparece e esta se alonga, recobrando seu comprimento natural.

Resposta: b

88.

Sejam T_A e T_B as intensidades iniciais das forças transmitidas às extremidades do braço do travessão pelos corpos **A** e **B**, respectivamente.

Tem-se que:

$$T_A = T_B \Rightarrow P_A - E_A = P_B - E_B \Rightarrow E_B - E_A = P_B - P_A$$

Como $V_B > V_A$, implica $E_B > E_A$ e também:

$$P_B > P_A$$

Com a retirada do ar do interior da campânula, os empuxos E_A e E_B desaparecem e, sendo $P_B > P_A$, o travessão pende para o lado do corpo **B**.

Resposta: c

89.

a) Figura 2: $F_e = P \Rightarrow K\,\Delta x = m\,g$

$$K\,(L_0 - L) = m\,g$$

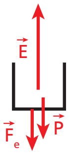
$$K\,(35 - 20)\,10^{-2} = 0{,}75 \cdot 10$$

Assim: $\boxed{K = 50\ \text{N/m}}$

b) $F_e + P = E \Rightarrow F_e + m\,g = \rho_{água}\,S\,h\,g$

$$F_e + 0{,}75 \cdot 10 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 10^{-4} \cdot 12{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot 10$$

$$F_e + 7{,}5 = 37{,}5 \Rightarrow \boxed{F_e = 30\ \text{N}}$$



c) $F_e = K\,(L - L_0) \Rightarrow 30 = 50\,(L - 0{,}35)$

$$\boxed{L = 0{,}95\ \text{m}}$$

$$H = L + h \Rightarrow H = 0{,}95 + 0{,}125 \text{ (em metros)}$$

$$\boxed{H = 1{,}075\ \text{m} = 107{,}5\ \text{cm}}$$

Respostas: a) 50 N/m; b) 30 N; c) H = 107,5 cm

90.

(I) Correto.

MUV: $v^2 = v_0^2 + 2\,\alpha\Delta s$

$$0 = v_0^2 + 2(-g)\,H \Rightarrow \boxed{H = \frac{V_0^2}{2\,g}}$$

H é inversamente proporcional a **g**. Assim, reduzindo-se **g**, **H** aumenta.

(II) Incorreto.

Flutuação: $E = P$

$$\mu_A\,V_i\,g = m\,g$$

$$\mu_A\,V_i = \mu_B\,V \Rightarrow \boxed{V_i = \frac{\mu_A}{\mu_B}\,V}$$

O volume imerso independe da intensidade da aceleração da gravidade.

(III) Correto.

Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{\vec{F}_{at}} = E_C - E_{C_0}$$

$$-\mu m\,g\,d = 0 - \frac{m\,v_0^2}{2}$$

Logo: $\boxed{d = \frac{v_0^2}{2\,\mu g}}$

d é inversamente proporcional a **g**, assim, reduzindo-se **g**, **d** aumenta.

Resposta: c

91.

a) $E = P \Rightarrow \mu_a\,V_i\,g = m\,g$

$$1{,}0\,V_i = 5{,}0 \Rightarrow \boxed{V_i = 5{,}0\ \text{cm}^3}$$

Do gráfico, para $V_i = 5{,}0\ \text{cm}^3$, obtemos: $\boxed{h = 1{,}5\ \text{cm}}$

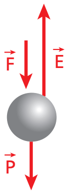
b) $F + P = E \Rightarrow F + m\,g = \mu_a\,V\,g$

Do gráfico, para $h = 2R = 2{,}4$ cm, obtemos:

$$V \cong 7{,}2\ \text{cm}^3$$

Logo: $F + 5{,}0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 1{,}0 \cdot 10^3 \cdot 7{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 10$

Da qual: $\boxed{F = 2{,}2 \cdot 10^{-2}\ \text{N}}$



Respostas: a) h = 1,5 cm; b) $2{,}2 \cdot 10^{-2}$ N

92.

O peso total, da esfera ou de suas partes, é o mesmo nas duas situações. Por isso, o empuxo total requisitado para o equilíbrio também é o mesmo, o que exige o mesmo volume imerso.

$$A\,h = V_{água} + V_{imerso}$$

Como **A**, $V_{água}$ e V_{imerso} são constantes, concluímos que **h** também deve permanecer constante. Logo: $\boxed{h' = h}$

Resposta: h' = h, pois o volume imerso é o mesmo em ambos os casos.

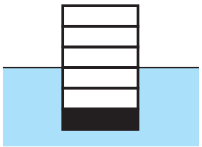
93.

De acordo com a figura, o volume **V** do lastro é igual ao volume de cada divisão da escala do cilindro.

(I) Situação inicial:

$$P_{lastro} = E_1$$

$$P_{lastro} = \mu_A\,3\,V\,g$$

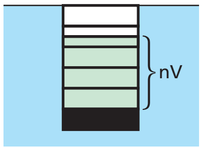


(II) Situação final:

$$P_{lastro} + P_{água} = E_2$$

$$\mu_A\,3\,V\,g + \mu_A\,n\,V\,g = \mu_A\,6\,V\,g$$

$$3 + n = 6 \Rightarrow \boxed{n = 3}$$



Portanto, a água deve preencher 3 divisões do cilindro.

Resposta: c

94.

$$P = E \Rightarrow \rho\,V_1\,g + x\,V_2\,g = \mu\,V_1\,g$$

$$\rho\,A\,H + x\,A\,\frac{h}{2} = \mu\,A\,\frac{H}{2} \Rightarrow \boxed{x = \mu - 2\rho}$$

Resposta: b

95.

No equilíbrio: $P = E_{total} \Rightarrow P = E_1 + E_2$

$$M\,g = \rho_1\,V_1\,g + \rho_2\,V_2\,g$$

$$\rho\,(V_1 + V_2) = \rho_1\,V_1 + \rho_2\,V_2$$

$$\rho\,A\,h = \rho_1\,A\,\frac{h}{3} + \rho_2\,A\,\frac{2h}{3}$$

Assim: $\boxed{\rho = \frac{\rho_1 + 2\rho_2}{3}}$

Resposta: d

96.

(I) Cálculo do volume externo do corpo:

$P_{ap} = P - E \;\Rightarrow\; m_{ap}\, g = m\, g - \mu_a\, V_{ext}\, g$

$37 = 45 - 1,0\, V_{ext} \;\Rightarrow\; \boxed{V_{ext} = 8,0\ \text{cm}^3}$

(II) Cálculo do volume de material:

$\mu_{mat} = \dfrac{m_{mat}}{V_{mat}} \;\Rightarrow\; 9,0 = \dfrac{45}{V_{mat}}$

$\boxed{V_{mat} = 5,0\ \text{cm}^3}$

(III) $V_{cav} = V_{ext} - V_{mat} \;\Rightarrow\; V_{cav} = 8,0 - 5,0\ (\text{cm}^3)$

$\boxed{V_{cav} = 3,0\ \text{cm}^3}$

Resposta: 3,0 cm^3

97.

Equilíbrio na água do rio:

$P_{barco} = E$

$m_b\, g = \mu\, V_i\, g \;\Rightarrow\; m_b = \mu\, V_1$ (I)

Equilíbrio na água do mar:

$P_{total} = E'$

$(m_b + m_a)\, g = \mu'\, V_i\, g \;\Rightarrow\; m_b + m_a = \mu'\, V_i$ (II)

Dividindo (II) por (I), vem:

$$\frac{m_b + m_a}{m_b} = \frac{\mu'}{\mu} \Rightarrow \frac{500 + m_a}{500} = \frac{1,03}{1,00}$$

Logo: $\boxed{m_a = 15\ \text{kg}}$

Resposta: 15 kg

98.

$10000 + P_{ch} = E_{ch}$ (I)

$10200 + P_{ch} = E_{ch} + E_{Fe}$ (II)

De (I) em (II), vem:

$10200 + P_{ch} = 10000 + P_{ch} + E_{Fe} \;\Rightarrow\; E_{Fe} = 200\ \text{N}$

$$E_{Fe} = n\, \mu_a\, \frac{m_b}{\mu_b}\, g = n\, \mu_a\, \frac{P_b}{\mu_b}$$

$$n = \frac{m_b\, E_{Fe}}{\mu_a\, P_b} = \frac{10 \cdot 200}{1,0 \cdot 200} \Rightarrow \boxed{n = 10}$$

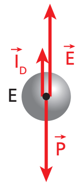
Resposta: n = 10 barras

99.

a) Representamos, no esquema a seguir, as forças que agem inicialmente em **E**:

Observemos que o módulo $\vec{I}_D$ corresponde à indicação **D**.

No equilíbrio, tem-se:



$I_D + E = P \;\Rightarrow\; I_D = P - E$

$I_D = 20,0\ \text{kgf} - 1,00 \cdot 10^3 \cdot 2,40 \cdot 10^{-3}\ \text{kgf}$

$\boxed{I_D = 17,6\ \text{kgf}}$

A indicação de **B** é dada por:

$I_B = P' + E = 40,0\ \text{kgf} + 2,40\ \text{kgf}$

$\boxed{I_B = 42,4\ \text{kgf}}$

b) Neste caso, **B** indicará o peso total do sistema, isto é, o peso de **E** mais o peso do conjunto frasco-água.

$I_B = P + P' = 20,0\ \text{kgf} + 40,0\ \text{kgf}$

$\boxed{I_B = 60,0\ \text{kgf}}$

Respostas:

a) **D**: 17,6 kgf, **B**: 42,4 kgf; b) 60,0 kgf

100.

Balão com as amarras cortadas:

2ª Lei de Newton: $E - P = (M_B + M_H)\, a$

$E - (M_B + M_H)\, 10 = (M_B + M_H)\, 0,2$

Logo: $E = (M_B + M_H)\, 10,2$

Balão em repouso com as amarras cortadas, mas com um lastro de massa **m**:

$P' = E \;\Rightarrow\; (M_B + M_H + m)\, 10 = (M_B + M_H)\, 10,2$

$M_B + M_H + m = 1,02\, M_B + 1,02\, M_H$

Logo: $\boxed{m = 0,02\, (M_B + M_H)}$

Resposta: d

101.

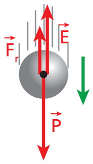
O corpo atinge a velocidade limite a partir do instante em que:

$F_r + E = P$

$56 v_{lim} + \mu_a\, V\, g = \rho\, V$

$56 v_{lim} + 1,0 \cdot 10^3 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 2,4 \cdot 10^4 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3}$

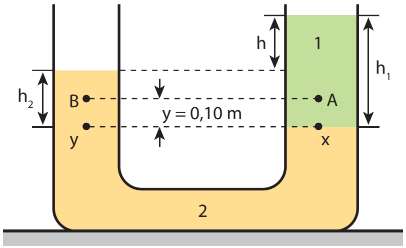
$\boxed{v_{lim} = 0,50\ \text{m/s} = 50\ \text{cm/s}}$



Resposta: 50 cm/s

102.

a)



$p_y = p_x \;\Rightarrow\; \rho_2\, g\, y + p_B = \rho_1\, g\, y + p_A$

$g\, y\, (\rho_2 - \rho_1) = p_A - p_B$

$10 \cdot 0,10\, (2,0 \cdot 10^3 - \rho_1) = 1,0 \cdot 10^3$

Da qual: $\boxed{\rho_1 = 1,0 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3}$

b) $p_y = p_x$

$\rho_2\, g\, h_2 + p_{atm} = \rho_1\, g\, h_1 + p_{atm}$

$2,0 \cdot 10^3\, h_2 = 1,0 \cdot 10^3\, h_1$

$h_1 = 2h_2$ (I)

$h_1 - h_2 = h$ (II)

Substituindo (I) em (II), temos:

$2h_2 - h_2 = h \;\Rightarrow\; h_2 = h$. Então: $\boxed{\dfrac{h_2}{h} = 1}$

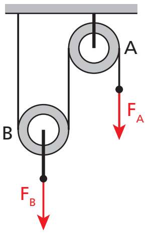
De (I): $h_1 = 2h_2 \;\Rightarrow\; h_1 = 2\, h$. Então: $\boxed{\dfrac{h_1}{h} = 2}$

Respostas:

a) $1,0 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3$; b) Líquido 1: 2; líquido 2: 1.

103.

$$\left.\begin{array}{l} F_A = T \\ F_B = 2T \end{array}\right\} F_B = 2F_A$$



Se não houvesse a imersão na água, 2 peças de metal conectadas em **A** equilibrariam 4 peças de metal presas em **B**. A imersão dessas 4 peças na água reduz, devido ao empuxo, a solicitação no eixo da polia **B**, que é acelerado para cima.

Resposta: b

104.

Independentemente dos volumes das esferas, elas reagem na água verticalmente para baixo com empuxos de mesma intensidades que os respectivos pesos da água deslocada. Tudo se passa, portanto, do ponto de vista dessas forças de reação, como se a balança suportasse apenas o recipiente cheio de água até a boca.

Na situação da figura 3, porém, o recipiente é puxado em seu fundo verticalmente para cima pelo fio, o que alivia sua compressão na plataforma da balança. Logo:

$$\boxed{I_3 < I_1 = I_2 = I_4}$$

Resposta: b

105.

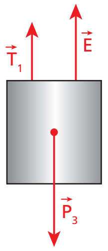
(I)

$T_1 + E = P_3$

$T_1 + \rho\, V\, g = 1{,}2\, \rho\, V\, g$

$T_1 = 0{,}2\, \rho\, V\, g \Rightarrow \boxed{T_1 = 0{,}2\, \rho\, A\, h\, g}$

Cilindro 3



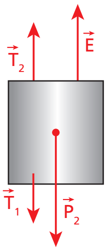
(II)

$T_2 + E = T_1 + P_2$

$T_2 + \rho\, V\, g = 0{,}2\, \rho\, V\, g + 1{,}1\, \rho\, V\, g$

$T_2 = 0{,}3\, \rho\, V\, g \Rightarrow \boxed{T_2 = 0{,}3\, \rho\, A\, h\, g}$

Cilindro 2



(III) Equilíbrio do sistema:

$E_{total} = P_{total}$

$\rho\,(2\,A\,h + A\,y)\,g = \rho_1\, A\, h\, g + \rho_2\, A\, h\, g + \rho_3\, A\, h\, g$

$\rho\,(2h + y) = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)\, h$

$\rho\, y = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3)\, h - 2\, \rho\, h$

$\rho\, y = (0{,}3\rho + 1{,}1\rho + 1{,}2\rho)\, h - 2\, \rho\, h$

Logo: $\boxed{y = 0{,}6h}$

Resposta:

Fio 1: $T_1 = 0{,}2\, \rho A h g$

Fio 2: $T_2 = 0{,}3\, \rho A h g$

$y = 0{,}6h$

106.

(I) 2ª Lei de Newton:

$E - P = m\, a$

$\mu_L\, V\, g - \mu_R\, V\, g = \mu_R\, V\, a$

$$a = \frac{(\mu_L - \mu_R)}{\mu_R}\, g$$

$$a = \frac{(1{,}50 - 0{,}60)}{0{,}60}\, 10{,}0 \;\; (\text{m/s}^2)$$

$$\boxed{a = 15{,}0 \text{ m/s}^2}$$

(II) Do movimento balístico:

$$A = \frac{v_0^2 \operatorname{sen} 2\theta}{a} \quad (a = \text{gravidade aparente})$$

$$A = \frac{(6{,}0)^2 \operatorname{sen}(2 \cdot 45°)}{15{,}0} \;\; (\text{m})$$

Da qual: $\boxed{A = 2{,}4 \text{ m}}$

Resposta: c

107.

(I) Cálculo da gravidade aparente no movimento do projétil no interior do superfluido:

$m\, g_{ap} = P - E$

$\rho_P\, V\, g_{ap} = \rho_P\, V\, g - \rho_S\, V\, g$

Assim: $\boxed{g_{ap} = \left(1 - \dfrac{\rho_s}{\rho_p}\right) g}$ (I)

(II) Do movimento balístico:

$$A = \frac{v_0^2 \operatorname{sen} 2\theta}{g}$$

Como $A_2 = A_1 \Rightarrow \dfrac{v_0^2 \operatorname{sen} 2\beta}{g_{ap}} = \dfrac{v_0^2 \operatorname{sen} 2\alpha}{g}$

$\operatorname{sen} 2\beta = \dfrac{g_{ap}}{g} \operatorname{sen} 2\alpha$ (II)

Substituindo (I) em (II):

$$\operatorname{sen} 2\beta = \frac{\left(1 - \dfrac{\rho_s}{\rho_p}\right) g}{g} \operatorname{sen} 2\alpha$$

Logo: $\boxed{\operatorname{sen} 2\beta = \left(1 - \dfrac{\rho_s}{\rho_p}\right) \operatorname{sen} 2\alpha}$

Resposta: b

Apêndice

Dinâmica dos fluidos

Página 482

2.

$Z = A\,v$ ou $z = \dfrac{\Delta V}{\Delta t}$

Logo: $A\,v = \dfrac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \dfrac{\Delta V}{Av}$

$\Delta t = \dfrac{5{,}4 \cdot 10^3}{2{,}5 \cdot 30}$ (s)

Donde: $\boxed{\Delta t = 72 \text{ s}}$

Resposta: 72 s ou 1 min 12 s

3.

(I) Capacidade da piscina:

$\Delta V = a\ b\ c \quad \Rightarrow \quad \Delta V = 18 \cdot 10 \cdot 2$

$\boxed{\Delta V = 360 \text{ m}^3}$

(II) Vazão:

$Z = \dfrac{\Delta V}{\Delta t}$ ou $Z = A\,v$

Logo: $A\,v = \dfrac{\Delta V}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad 25 \cdot 10^{-4}\,v = \dfrac{360}{10 \cdot 3600}$

$\boxed{v = 4 \text{ m/s}}$

Resposta: d

4.

$Z = \dfrac{\Delta V}{\Delta t} = Av$

$Z_B = Z_A \Rightarrow A_B\,v_B = A_A\,v_A \Rightarrow 40\,v_B = 200 \cdot 1{,}0$

Da qual: $\boxed{v_B = 5{,}0 \text{ m/s}}$

Resposta: e

5.

(I) $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{30{,}0 \text{ m}}{60{,}0 \text{ s}} \Rightarrow \boxed{v = 0{,}50 \text{ m/s}}$

(II) $Z = Av = \ell\,p\,v \Rightarrow Z = 1{,}50 \cdot 0{,}30 \cdot 0{,}50$ (m³/s)

$\boxed{Z = 0{,}225 \text{ m}^3\text{/s} = 225 \text{ L/s}}$

Resposta: c

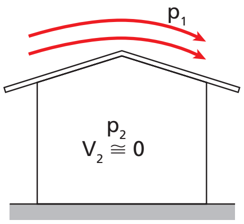
7.

Em virtude do vento, com o aumento da velocidade da massa de ar, a pressão externa à janela diminui, de acordo com o princípio de Bernoulli. A diferença entre a pressão interna (maior) e a externa (menor) provoca a fragmentação (quebra) da janela, com os fragmentos de vidro jogados para fora.

Resposta: b.

8.

$v_1 = 108$ k $= 30$



Trata-se de uma aplicação direta do Teorema de Bernoulli para pontos no mesmo nível horizontal.

$p_2 + \dfrac{\mu\,v_2^2}{2} = p_1 + \dfrac{m\,v_1^2}{2}$

Sendo $v_2 \cong 0$ (o ar dentro da casa está praticamente em repouso), vem:

$p_2 - p_1 = \dfrac{\mu\,v_1^2}{2} \Rightarrow \Delta p = \dfrac{1{,}2\,(30)^2}{2}$ (Pa) $\quad \Rightarrow \quad \boxed{\Delta p = 540 \text{ Pa}}$

Resposta: d

9.

a) Deve-se utilizar a expressão dada, que nada mais é que o Teorema de Bernoulli.

$\Delta p = \dfrac{\rho\,v^2}{2}$

Sendo $\rho = 1{,}2$ kg/m³ e $v = 180\,\dfrac{\text{km}}{\text{h}} = \dfrac{180 \text{ m}}{3{,}6 \text{ s}} = 50\,\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$, vem:

$\Delta p = \dfrac{1{,}2\,(50)^2}{2}$ (N/m²) $\Rightarrow \boxed{\Delta p = 1{,}5 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2}$

b) $\dfrac{F}{A} = \Delta p \Rightarrow \dfrac{M\,g}{A} = \Delta p$

$\dfrac{M\,10}{5\,400} = 1{,}5 \cdot 10^3 \quad \Rightarrow \quad \boxed{M = 810 \cdot 10^3 \text{ kg} = 810 \text{ toneladas}}$

c) (I) $\Delta p' = \dfrac{F'}{A} \Rightarrow \Delta p' = \dfrac{M'\,g}{A}$

$\Delta p' = \dfrac{250 \cdot 10^3 \cdot 10}{5\,400} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\Delta p' = \dfrac{25}{54} \cdot 10^3 \text{ (N/m}^2\text{)}}$

(II) $\dfrac{\rho\,v'^2}{2} = \Delta p' \Rightarrow \dfrac{1{,}2\,v'^2}{2} = \dfrac{25}{54} \cdot 10^3$

Assim: $\boxed{v' \cong 27{,}78 \text{ m/s}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{v' \cong 100 \text{ km/h}}$

Respostas:

a) $1{,}5 \cdot 10^3$ N/m²; b) 810 toneladas; c) Aproximadamente 100 km/h.

10.

(I) A lei física associada ao fenômeno é o Princípio de Bernoulli. Devido ao jato de ar que sopra de cima para baixo ao longo do eixo do carretel, reduz-se a pressão sobre a face de cima do disco de cartolina. Com isso, ele fica sujeito a um esforço resultante de pressão dirigido de baixo para cima que o mantém suspenso, sem cair.

(II) $F_{ar} = P$

$\Delta p\,A = m\,g$

$\Delta p = \dfrac{m\,g}{A} = \dfrac{m\,g}{\pi\,R^2}$

$\Delta p = \dfrac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{\pi\,(2{,}0 \cdot 10^{-2})^2}$ (N/m²)

$\boxed{\Delta p \cong 79{,}6 \text{ N/m}^2}$

Resposta: Princípio de Bernoulli e aproximadamente 79,6 N/m².

11.

(I) Equação da continuidade:

$Z_1 = Z_2 \quad \Rightarrow \quad A_1\,v_1 = A_2\,v_2$

$\pi\,R_2^2\,v_2 = \pi\,R_1^2\,v_1$

$v_2 = \left(\dfrac{R_1}{R_2}\right)^2 v_1 \Rightarrow v_2 = \left(\dfrac{1{,}0}{0{,}50}\right)^2 2{,}0$ (m/s)

$\boxed{v_2 = 8{,}0 \text{ m/s}}$

(II) Teorema de Bernoulli:

$$p_2 + \frac{\mu v_2^2}{2} = p_1 + \frac{\mu v_1^2}{2} + \mu g (h_1 - h_2)$$

$$p_2 + \frac{1,0 \cdot 10^3 \cdot (8,0)^2}{2} = 5,0 \cdot 10^5 + \frac{1,0 \cdot 10^3 \cdot (2,0)^2}{2} +$$

$$+ 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10\,(-5,0)$$

Da qual: $\boxed{p_2 = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$

Resposta: $4,2 \cdot 10^5$ Pa

12.

(I) Equação da continuidade:

$A_1 v_1 = A_2 v_2$

Se $A_1 > A_2 \Rightarrow v_1 < v_2$

(II) Lei de Bernoulli:

$$\rho_1 + \frac{\mu v_1^2}{2} = \rho_2 + \frac{\mu v_2^2}{2}$$

Se $v_1 < v_2 \Rightarrow \rho_1 > \rho_2$

(III) Logo: $\boxed{\rho_1 - \rho_2 > 0}$

Resposta: a

14.

(I) Cálculo de v_1 e v_2:

$$A_1 v_1 = Z \Rightarrow 2,0\, v_1 = 400 \Rightarrow \boxed{v_1 = 200 \text{ cm/s} = 2,0 \text{ m/s}}$$

$$A_2 v_2 = Z \Rightarrow 1,0\, v_2 = 400 \Rightarrow \boxed{v_2 = 400 \text{ cm/s} = 4,0 \text{ m/s}}$$

(II) Cálculo de $P_{ef_1} = P_1 - P_{atm}$:

Teorema de Bernoulli:

$$P_1 + \frac{\mu v_1^2}{2} = P_2 + \frac{\mu v_2^2}{2} \Rightarrow P_1 + \frac{\mu v_1^2}{2} = \mu g h + P_{atm} + \frac{\mu v_2^2}{2}$$

$$P_1 - P_{atm} = \mu g h + \frac{\mu}{2}(v_2^2 - v_1^2)$$

$$P_{ef_1} = 1,0 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,50 + \frac{1,0 \cdot 10^3}{2}(4,0^2 - 2,0^2) \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Logo: $\boxed{P_{ef_1} = 1,1 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2}$

Resposta: $1,1 \cdot 10^4$ N/m²

16.

a) O desnível **d** entre a superfície livre de água e o orifício é d = H − h. Aplicando-se a equação de Torricelli, vem:

$$v = \sqrt{2gd} \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{2g(H-h)}}$$

b) (I) Cálculo do tempo de queda (t_q) da água:

Na vertical: MUV

$$\Delta y = v_{0_y} t + \frac{\alpha_y}{2} t_2 \Rightarrow h = \frac{g}{2} t_q^2$$

Assim: $t_q = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

(II) Cálculo do alcance horizontal da água:

Na horizontal: MU

$$\Delta x = v t \Rightarrow D = v t_q$$

Substituindo-se os valores de **v** e de t_q, vem:

$$D = \sqrt{2g(H-h)}\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Da qual: $\boxed{D = 2\sqrt{(H-h)h}}$

Nota: **D** independe de **g**.

Respostas:

a) $v = \sqrt{2g(H-h)}$; b) $D = 2\sqrt{(H-h)h}$

17.

O alcance horizontal da água, **D**, é diretamente proporcional à intensidade da velocidade horizontal de ejeção, v_0.

$$D = v_0\sqrt{\frac{2H}{g}}$$

em que **H** é a altura do ponto de lançamento da água em relação ao solo e **g** é a intensidade de aceleração da gravidade.
Por outro lado, admitindo-se a vazão **Z** constante, a intensidade da velocidade de ejeção da água é inversamente proporcional ao quadrado do raio **r** do orifício de saída do líquido. De fato:

$$Z = A v_0 \Rightarrow Z = \pi r^2 v_0 \Rightarrow v_0 = \frac{Z}{\pi r^2}$$

Assim, reduzindo-se **r** à metade, v_0 quadriplica, o mesmo ocorrendo com **D**, e isso atende às pretensões do menino.

Resposta: c

18.

(I) Equação de Torricelli: $v = \sqrt{2gh}$

Sendo h = H − y, vem: $v = \sqrt{2g(H-y)}$ (I)

(II) Tempo de queda da água:

MUV: $\Delta y = v_{0_y} t + \frac{\alpha_y}{2} t^2$

$$y = \frac{g}{2} t_q^2 \Rightarrow t_q = \sqrt{\frac{2y}{g}} \qquad \text{(II)}$$

(III) Alcance horizontal:

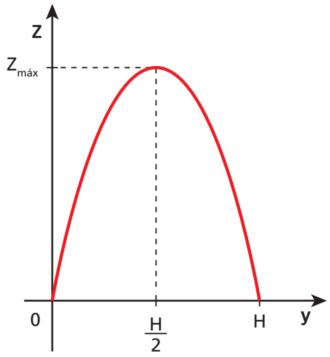
MU: $A_{\text{máx}} = v\, t_q$ (III)

Substituindo (I) e (II) em (III), vem:

$$A_{\text{máx}} = \sqrt{2g(H-y)}\sqrt{\frac{2y}{g}} \Rightarrow \boxed{A_{\text{máx}} = 2\sqrt{y(H-y)}}$$

(IV) Analisemos a função z = y (H − y)

O gráfico z = f(y) é uma parábola com concavidade voltada para baixo.



Logo, para $y = \frac{H}{2} \Rightarrow z_{\text{máx}} \Rightarrow A_{\text{máx}}$

Resposta: a