FR.01

1. c

De 0 a 2 h: $\Delta s_1 = 2 \cdot 20 = 40$ km

De 2 h a 4 h: $\Delta s_2 = 2 \cdot 40 = 80$ km

De 4 h a 6 h: $\Delta s_3 = \dfrac{2 \cdot 40}{2} = 40$ km

$\Delta s_T = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 =$

$= 40 + 80 + 40 = 160$ km

2. b

A mudança ocorreu na posição $s = 32$ m (posição inicial MUV).
Portanto, na função horária do MU, temos:

$s = 20 + 2 \cdot t \Rightarrow$

$\Rightarrow 32 - 20 = 2 \cdot t \Rightarrow$

$\Rightarrow t = 6$ s

3. c

O deslocamento da sombra será a projeção do deslocamento da bola no plano inclinado; portanto, em intervalos de tempo iguais, os deslocamentos sucessivos da sombra também serão iguais, logo o movimento da sombra será uniforme. No entanto, num mesmo intervalo de tempo, o deslocamento da sombra (diagonal) será maior que o deslocamento da bola (plano horizontal), assim: $v_{sombra} > v_{bola}$

4. a

$(AC)^2 = (AB)^2 + (BC)^2 - 2AB \cdot BC \cdot \cos 120° \Rightarrow$

$\Rightarrow (AC)^2 = 300^2 + 500^2 - 2 \cdot 300 \cdot 500 \cdot (-0{,}50) \Rightarrow$

$\Rightarrow (AC)^2 = 9 \cdot 10^4 + 25 \cdot 10^4 + 15 \cdot 10^4 \Rightarrow AC = 700$ m

Criança 1: $\Delta s_{AC} = \dfrac{1}{2} \cdot a_1 \cdot \Delta t^2 \Rightarrow 700 = \dfrac{1}{2} \cdot a_1 \cdot \Delta t^2$ (I)

Criança 2: $\Delta s_{ABC} = \dfrac{1}{2} \cdot a_2 \cdot \Delta t^2 \Rightarrow 800 = \dfrac{1}{2} \cdot a_2 \cdot \Delta t^2$ (II)

Fazendo (I) : (II), vem:

$$\frac{700}{800} = \frac{\frac{1}{2} \cdot a_1 \cdot \Delta t^2}{\frac{1}{2} \cdot a_2 \cdot \Delta t^2} \Rightarrow \frac{a_1}{a_2} = \frac{7}{8}$$

5. e

Em $t_0 = 0$, ambos tocam o pé direito no solo. O rapaz toca o pé direito no solo a cada 120 cm percorridos, enquanto a moça toca o pé direito no solo a cada 80 cm percorridos. Como estão abraçados, deslocam-se juntos, e a moça deverá executar mais passos que o rapaz no mesmo intervalo de tempo.

Tempo para tocar o pé direito no solo: $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$

Rapaz: $80 = \dfrac{120}{\Delta t_R} \Rightarrow \Delta t_R = 1{,}5$ s

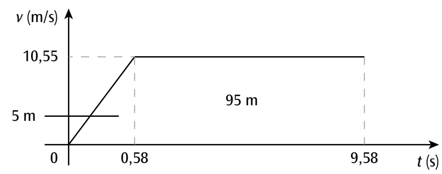
Moça: $80 = \dfrac{80}{\Delta t_M} \Rightarrow \Delta t_M = 1$ s

O mínimo múltiplo comum entre 80 e 120 é 240; assim, a primeira ocorrência em que ambos estarão com o pé direito no chão depois do início se dará a 240 cm, o que corresponde a 4 passos do rapaz em 3 s ou 6 passos da moça no mesmo intervalo de tempo.

6. Soma = 15 (01 + 02 + 04 + 08)

$v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \dfrac{95}{9} \Rightarrow v \simeq 10{,}55$ m/s

A figura seguinte mostra o gráfico $v \times t$ para essa prova:



(01) (V) $v_m = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} = \dfrac{100}{9{,}58} \simeq 10{,}4$ m/s $\simeq 37{,}4$ km/h

(02) (V) $a_m = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{10{,}55}{0{,}58} \Rightarrow a_m \simeq 18{,}2$ m/s²

(04) (V) 10,55 m/s $\cdot$ 3,6 $\simeq$ 38 km/h

(08) (V) $\Delta s = \dfrac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2 \Rightarrow 100 = \dfrac{1}{2} \cdot 2{,}5 \cdot \Delta t^2 \Rightarrow \Delta t^2 = 80 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta t \simeq 8{,}94$ s

(16) (F) $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 10 = \dfrac{100}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 10$ s

7. a) $v = \dfrac{d}{\Delta t} = \dfrac{2}{0{,}1} = 20$ m/s $\cdot$ 3,6 $\Rightarrow v = 72$ km/h

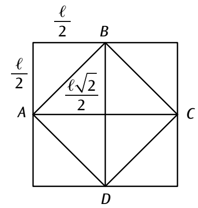
b) $L = v \cdot \Delta t$

$L = 20 \cdot 0{,}15$

$L = 3{,}0$ m

8. c

Para a bola 1, são quatro diagonais de um quadrado de lado $\dfrac{\ell}{2}$.



$\Delta s_1 = 4 \cdot \dfrac{\ell\sqrt{2}}{2} = 2\ell\sqrt{2}$

$v_1 = \dfrac{\Delta s_1}{\Delta t} = \dfrac{2\ell\sqrt{2}}{\Delta t}$ (I)

Para a bola 2, são dois lados ℓ:

$\Delta s_2 = 2\ell$

$v_2 = \dfrac{2\ell}{\Delta t}$ (II)

Dividindo-se (I) por (II), temos:

$\dfrac{v_1}{v_2} = \sqrt{2}$

9. a

Da figura, temos: $v_0 = 0$, para $t = 1$ s e $\Delta s = 1$ m

$\Delta s = v_0 \cdot t + \left(\dfrac{a}{2}\right) \cdot t^2 \Rightarrow 1 = \left(\dfrac{a}{2}\right) \cdot 1^2 \Rightarrow a = 2{,}0$ m/s²

$v = v_0 + a \cdot t$ e $v = 2{,}0 \cdot t$ (vide tabela)

t (s)	v (m/s)
0	0
1,0	2,0
2,0	4,0
3,0	6,0

10. a) A distância total percorrida é dada pela soma das áreas sob o gráfico $v \times t$. Assim:

$$\Delta s_T = A_1 + A_2 + A_3 = \frac{3 \cdot 8}{2} + \left(\frac{4+2}{2}\right) \cdot 12 + \frac{2 \cdot 12}{2}$$

$$\Delta s_T = 12 + 36 + 12 = 60 \text{ m}$$

b) $v_m = \dfrac{\Delta s_T}{\Delta t} = \dfrac{60}{15} = 4 \text{ m/s}$

FR.02

1. a

I. (V) 50 voltas em 25 segundos, portanto: 2 voltas/s, ou seja: $f = 2$ Hz. 2 voltas em 1 segundo, portanto 1 volta em 0,5 s, ou seja: $T = 0{,}5$ s

II. (F) O movimento de um extremo a outro do pêndulo, em 4 s, equivale a 0,5 oscilação, portanto: 1 oscilação levará 8 s $\Rightarrow f = \dfrac{1}{8} = 0{,}125$ Hz

III. (F) No MCU, a = aceleração centrípeta, pois há variação na direção do vetor velocidade.

2. a

$d = 0{,}5 \text{ m} \Rightarrow r = 0{,}25 \text{ m}$

$f = 480 \text{ rpm} = 8 \text{ Hz}$

$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot 8 = 16\pi \text{ rad/s}$

$v = \omega \cdot r$

$v = 16\pi \cdot 0{,}25$

$v = 4\pi \text{ m/s}$

3. b

$$v = \frac{2\pi \cdot R}{t} = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 6.400}{24} \Rightarrow v \simeq 1.675 \text{ km/h}$$

Na linha do Equador: $v_{eq.} \simeq 1.675$ km/h ou $v_{eq.} \simeq 465$ m/s

Latitude 25°:

$v = v_{eq.} \cdot \cos 25° = 465 \cdot 0{,}91 \Rightarrow v \simeq 423 \text{ m/s}$

4. a

Nos trechos retos:

$$\Delta t_r = \frac{\Delta s}{v_m} = \frac{2 \cdot L}{v}$$

Nos trechos curvos:

$$\Delta t_c = \frac{\Delta s}{v_m} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{\frac{2}{3} \cdot v} \Rightarrow \Delta t_c = \frac{3 \cdot \pi \cdot R}{v}$$

Em uma volta completa:

$$\Delta s = v_m \cdot \Delta t_{total} \Rightarrow 2 \cdot L + 2\pi \cdot R = \frac{4}{5} \cdot v \cdot \left(\frac{2 \cdot L}{v} + \frac{3 \cdot \pi \cdot R}{v}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 \cdot L + 2\pi \cdot R = \frac{8}{5} \cdot L + \frac{12 \cdot \pi}{5} \cdot R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2\pi \cdot R - \frac{12 \cdot \pi}{5} \cdot R = \frac{8}{5} \cdot L - 2 \cdot L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{10\pi \cdot R - 12\pi \cdot R}{5} = \frac{8 \cdot L - 10 \cdot L}{5} \Rightarrow -2\pi \cdot R = -2 \cdot L \Rightarrow L = \pi R$$

5. F – F – F – V – V

I. (F) Um corpo em queda livre tem como força resultante unicamente a força provocada pela gravidade.

II. (F) A gravidade não tem relação com a presença de atmosfera.

III. (F) Na posição de altura máxima, a velocidade é nula e a aceleração é a aceleração da gravidade.

6. b

$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot h$

$0 = v_0^2 - 2 \cdot 10 \cdot 4.000$

$v_0^2 = 80.000$

$v_0 = \sqrt{8} \cdot 10^2 = 2\sqrt{2} \cdot 10^2 \Rightarrow v_0 \simeq 283 \text{ m/s}$

7. c

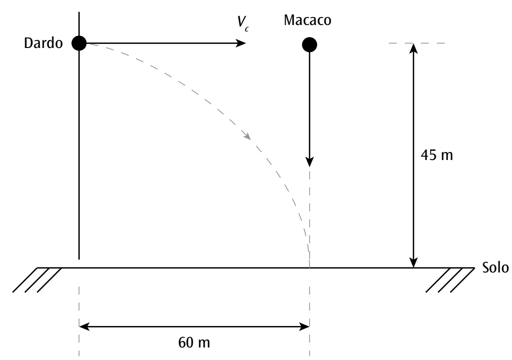
I. (F) No ponto mais alto da trajetória, a velocidade é $v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$.

II. (V) Um vetor sempre pode ser decomposto em direções perpendiculares.

III. (F) A aceleração da gravidade é constante em toda a trajetória.

IV. (V) No ponto mais alto da trajetória $v_y = 0$, a bola para de subir e começa a cair.

8. d



Tempo de queda do macaco:

$$\Delta h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot (t_{queda})^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 45 = \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (t_{queda})^2 \Rightarrow t_{queda} = 3{,}0 \text{ s}$$

Em 3,0 s, o dardo deve percorrer 60 m na horizontal. Portanto:

$\Delta s = v \cdot \Delta t \Rightarrow 60 = v_{dardo} \cdot 3{,}0 \Rightarrow v_{dardo} = 20 \text{ m/s}$

9. a

$v_0 = 72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$

$v_0 = v_0 \cdot \text{sen } 30°$

$v_0 = 20 \cdot \dfrac{1}{2} = 10 \text{ m/s}$

$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g \cdot h_{máx}$

$0 = (10)^2 - 2 \cdot 10h_{máx}$

$0 = 100 - 20h_{máx}$

$20h_{máx} = 100$

$h_{máx} = 5 \text{ m}$

10. Equacionando o movimento da bola na vertical, do lançamento até o ponto de altura máxima:

$\Delta s_y = 5{,}0$ m; $v_y = 0$ e $a = -g = -10$ m/s² (trajetória orientada para cima)

$v_y^2 = v_{0y}^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s_y \Rightarrow$

$\Rightarrow 0 = v_{0y}^2 + 2 \cdot (-10) \cdot 5{,}0 \Rightarrow$

$\Rightarrow v_{0y} = 10 \text{ m/s}$

$v_{0y} = v_0 \cdot \text{sen } 30° \Rightarrow$

$\Rightarrow 10 = v_0 \cdot 0{,}5 \Rightarrow$

$\Rightarrow v_0 = 20 \text{ m/s}$ ou 72 km/h

FR.03

1. c

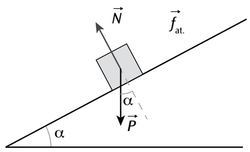
A massa é uma medida da inércia de um corpo.

2. b

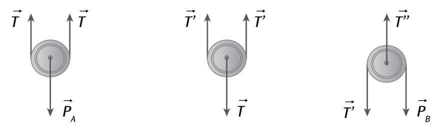
No corpo menor, temos como resultante a força de tração. Assim:
$T = m_1 \cdot a \Rightarrow 100 = 5 \cdot a \;\therefore\; a = 20\ m/s^2$

No corpo maior, temos como resultante a diferença entre a força F e a força de tração. Assim: $F - T = m_2 \cdot a \Rightarrow F - 100 = 10 \cdot 20 \Rightarrow F = 300\ N$

3. e



4.



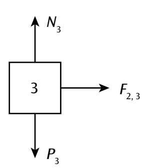
$2T = P_A$	$2T' = T$	$T' = P_B$
$2T = 340$	$2T' = 170$	$P_B = 85\ N$
$T = 170\ N$	$T' = 85\ N$	

5. d

Há apenas dois corpos interagindo com o caixote nas condições descritas: a Terra, que aplica a força peso, e a esteira, que aplica uma força de contato. Como a velocidade do sistema é constante, a resultante de forças sobre o caixote é nula; logo, a força de contato, da esteira sobre o caixote, é vertical de baixo para cima, que equilibra a força peso (vertical de cima para baixo). Portanto, essa força é perpendicular à superfície e nós a chamamos de força normal. Concluindo, há duas forças atuando sobre o caixote: peso e normal.

6. e

Veja o diagrama de forças sobre o vagão 3:



$F_{2,3}$ = módulo da força que o vagão 2 aplica no vagão 3.

$m_3 = 2 \cdot 10^3$ kg $\left(P = m \cdot g \Rightarrow m = \dfrac{P}{g}\right)$

$a = 2\ m/s^2$

Aplicando a segunda lei de Newton para este vagão:

$F_R = m_3 \cdot a \Rightarrow F_R = F_{2,3} = 2 \cdot 10^3 \cdot 2 = 4 \cdot 10^3\ N$

7. d

Em A: $P = N = 100\ N$

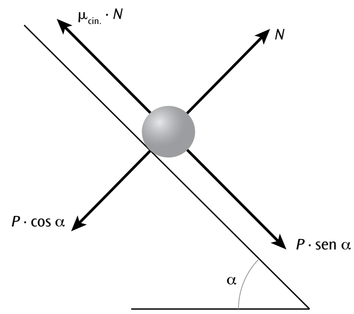
Em B: $N = P_y = P \cdot \cos\theta = 100 \cdot \dfrac{40}{50} = 80\ N$

8. d

Corpo em MUV:

- $x_1 = \dfrac{a \cdot t_1^2}{2} \Rightarrow a = \dfrac{2 \cdot x_1}{t_1^2} = \dfrac{2 \cdot 1}{(1)^2} \Rightarrow a = 2\ m/s^2$
- $x_2 = \dfrac{a \cdot t_2^2}{2} = \dfrac{2 \cdot (4^2)}{2} \Rightarrow x_2 = 16\ m$

Forças no corpo:



$N = P \cdot \cos\alpha$

$F_R = P \cdot \text{sen}\,\alpha - \mu_{cin.} \cdot N \Rightarrow$

$\Rightarrow \cancel{m} \cdot a = \cancel{m} \cdot g \cdot \text{sen}\,\alpha - \mu_{cin.} \cdot \cancel{m} \cdot g \cdot \cos\alpha \Rightarrow$

$\mu_{cin.} = \dfrac{g \cdot \text{sen}\,\alpha - a}{g \cdot \cos\alpha} = \dfrac{10 \cdot 0{,}6 - 2}{10 \cdot 0{,}8} \Rightarrow \mu_{cin.} = 0{,}50$

9. a

A força centrípeta é dada por:

$F_{centr.} \Rightarrow \dfrac{m \cdot v^2}{r}$

Como $v = \dfrac{2\pi r}{T}$, quanto maior o período, menor a velocidade. Como $F_{centr.}$ é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade, temos: menor período ⇒ maior velocidade ⇒ maior força centrípeta.

10. a) $F_R = F_c = \dfrac{m \cdot v^2}{R} = \dfrac{m \cdot \omega^2 \cdot R^2}{R} = m \cdot R \cdot \omega^2$

$F_R = 30 \cdot 5 \cdot (0{,}4)^2 = 150 \cdot 0{,}16 = 24\ N$

Direção: vertical

Sentido: para baixo

b) A força que o banco faz em Ana é a força normal (N).

Em Q: $F_R = P - N \Rightarrow 24 = 300 - N \Rightarrow N = 276\ N$

Em S: $F_R = N - P \Rightarrow 24 = N - 300 \Rightarrow N = 324\ N$

Portanto, o módulo da força é maior em S.

FR.04

1. c

Desprezando-se a resistência do ar, o sistema é conservativo, portanto sua energia mecânica permanece constante. A energia cinética da pedra diminui durante a subida e aumenta na descida; já a energia potencial aumenta na subida e diminui na descida.

2. d

Em relação à estrada, a criança move-se a 72 km/h = 20 m/s

Assim: $E_c = \dfrac{m \cdot v^2}{2} = \dfrac{40 \cdot 20^2}{2} = 8.000\ J$

Em relação ao carro, a criança está em repouso ($v = 0$), logo sua energia cinética é zero.

3. d

Pela área do gráfico, obtemos o trabalho:

$\text{Área}_{trapézio} = \dfrac{(B + b)}{2} \cdot h = \dfrac{(6 + 4) \cdot 5}{2} = 25 \Rightarrow \mathcal{T} = 25\ J$

4. a) A variação da energia cinética é:

$$\Delta E_{cin.} = E_{cin.\,final} - E_{cin.\,inicial} = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{m \cdot v_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta E_{cin.} = \frac{1{,}2 \cdot 10^3 \cdot 25^2}{2} - \frac{1{,}2 \cdot 10^3 \cdot 5^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta E_{cin.} = 3{,}6 \cdot 10^5 \text{ J}$$

b) Pelo teorema da energia cinética, como a velocidade permaneceu constante entre 0 s e 7 s, então o trabalho nesse trecho será nulo. Já no trecho entre 7 s e 12 s, o trabalho resultante será igual à variação de energia cinética calculada no item *a*, ou seja, $\mathcal{T}_R = 3{,}6 \cdot 10^5$ J.

5. d

Desprezando-se as perdas, obtém-se que:

$$\Rightarrow E_{cin.\,final} = E_{pot.\,final} \Rightarrow \frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot h \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3{,}2} \Rightarrow v = 8 \text{ m/s}$$

6. Podemos determinar o trabalho da força peso que indicará a energia utilizada na subida.

1 degrau ———— 15 cm
20 degraus ———— x

$x = 300$ cm ou 3 m

Assim:

$\mathcal{T}_P = m \cdot g \cdot h$

$\mathcal{T}_P = -80 \cdot 10 \cdot 3$

$\mathcal{T}_P = -2.400$ J

7. e

Chamando o ponto de altura máxima de *A*, usando o teorema da conservação da energia mecânica:

$$E_{mA} = E_{mP} \Rightarrow E_{cA} + E_{pA} = E_{cP} + E_{pP}$$

$$\frac{m \cdot v_A^2}{2} + m \cdot g \cdot h_A = \frac{m \cdot v_P^2}{2} + m \cdot g \cdot h_P$$

$$\frac{m \cdot 0^2}{2} + m \cdot 10 \cdot (H + 5) = \frac{m \cdot 10^2}{2} + m \cdot 10 \cdot 1$$

$$10 \cdot (H + 5) = 60 \Rightarrow H = 1 \text{ m}$$

8. Soma = 18 (02 + 16)

(01) (F) $\mathcal{T}_1 = \mathcal{T}_2 = \mathcal{T}_3$
(02) (V)
(04) (F)
(08) (F) $\mathcal{P}_I < \mathcal{P}_{III}$, pois o método III é o mais rápido.
(16) (V) O método I é o mais lento.
(32) (F)

9. e

Usando o teorema da conservação da energia mecânica em *B*, ponto de altura máxima:

($m = 12{,}5 \cdot 10^{-3}$ kg, $x = 5{,}0 \cdot 10^{-2}$ m, $k = 500$ N/m e $v_A = v_B = 0$):

$$E_{mA} = E_{mB} \Rightarrow E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB}$$

$$\frac{m \cdot v_A^2}{2} + \frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot v_B^2}{2} + m \cdot g \cdot h_B$$

$$0 + \frac{500 \cdot (5{,}0 \cdot 10^{-2})^2}{2} = 0 + 12{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot h_B \quad \therefore h_B = 5{,}0 \text{ m}$$

Usando o teorema da conservação da energia mecânica em *C*, ponto na metade da altura máxima:

$$E_{mB} = E_{mC} \Rightarrow E_{cB} + E_{pB} = E_{cC} + E_{pC}$$

$$\frac{m \cdot v_B^2}{2} + m \cdot g \cdot h_B = \frac{m \cdot v_C^2}{2} + m \cdot g \cdot h_C$$

$v_B = 0$; $h_B = 5{,}0$ m; $h_C = 2{,}5$ m

$$0 + m \cdot 10 \cdot 5{,}0 = \frac{m \cdot v_C^2}{2} + m \cdot 10 \cdot 2{,}5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_C = (50)^{\frac{1}{2}} \text{ m/s} \simeq 7{,}0 \text{ m/s}$$

Como $Q = m \cdot v \Rightarrow Q_C = 12{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 7{,}0 \simeq 8{,}8 \cdot 10^{-2}$ kg · m/s

10. b

Em *A*, temos:

$E_{mec.\,A} = m \cdot g \cdot h_A = 400 \cdot 10 \cdot 24 = 96.000$ J

Em *B*, temos:

$$E_{mec.\,B} = m \cdot g \cdot h_B + \frac{m \cdot v_B^2}{2} = 400 \cdot 10 \cdot 4 + \frac{400 \cdot (10)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{mec.\,B} = 36.000 \text{ J}$$

Portanto, foi dissipada uma quantidade de energia mecânica equivalente a 96.000 – 36.000 = 60.000 J.

FR.05

1. a) $I_R = Q - Q_0 \Rightarrow \frac{5 + 2}{2} \cdot 100 = Q - 10 \cdot 5 \Rightarrow$

$\Rightarrow 350 = Q - 50 \Rightarrow Q = 400$ kg · m/s

b)
- De 0 a 5 s, temos: $I_1 = 350$ N · s
- De 5 a 6 s, temos: $I_2 = 0$
- De 6 a 10 s, temos: $I_3 = -40 \cdot 4 = -160$ N · s

Assim: $I_R = Q - Q_0 \Rightarrow 350 - 160 = 10 \cdot v - 50 \Rightarrow$

$\Rightarrow 10 \cdot v = 240 \Rightarrow v = 24$ m/s

2. d

$m = 1 \cdot 10^3$ kg

Pelo gráfico de MU (reta), temos:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{5 - (-4)}{5 - 2} \Rightarrow v = 3 \text{ m/s (constante)}$$

Assim: $Q = m \cdot v \Rightarrow Q = 1 \cdot 10^3 \cdot 3 \Rightarrow Q = 3 \cdot 10^3$ kg · m/s

3. e

Após o disparo, o tronco para devido à força de atrito, que é uma força externa ao sistema projétil + tronco.

Dessa forma, o sistema não é isolado e a quantidade de movimento não é conservada.

4. e

$m = 1.500$ kg

$v_0 = -15$ m/s

$v = 3$ m/s

$I = F \cdot \Delta t$ e $\Delta Q = I$

$mv - mv_0 = F \cdot \Delta t \Rightarrow$

$\Rightarrow 1.500 \cdot 3 - 1.500 \cdot (-15) = F \cdot 0{,}15 \Rightarrow$

$\Rightarrow F = 180.000$ N ou $F = 18 \cdot 10^4$ N

5. Determinando as velocidades dos corpos *A* e *B* imediatamente antes da colisão: $v_B = 0$

$E_{mA\,inicial} = m \cdot g \cdot H$

$$E_{mA\,final} = \frac{m \cdot v_A^2}{2}$$

$$E_{mA\,final} = E_{mA\,inicial} \Rightarrow \frac{m \cdot v_A^2}{2} = m \cdot g \cdot H \Rightarrow v_A = (2g \cdot H)^{\frac{1}{2}}$$

Equacionando a colisão:

$Q_{depois} = Q_{antes}$

$(m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B)_{depois} = (m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B)_{antes} \Rightarrow$

$\Rightarrow (M + 6M)v = M \cdot v_A \Rightarrow v = \dfrac{v_A}{7} \Rightarrow$

$\Rightarrow v_A = 7 \cdot v$ (equação I)

Determinando a altura h atingida pelo conjunto $(A + B)$:

$E_{m\ inicial} = \dfrac{7M \cdot v^2}{2}$

$E_{m\ final} = 7M \cdot g \cdot h$

$E_{m\ final} = E_{m\ inicial} \Rightarrow 7M \cdot g \cdot h = \dfrac{7M \cdot v^2}{2} \Rightarrow v = (2g \cdot h)^{\frac{1}{2}}$

Substituindo-se os valores de v_A e v na equação I $\Rightarrow$

$\Rightarrow (2g \cdot H)^{\frac{1}{2}} = 7 \cdot (2g \cdot h)^{\frac{1}{2}}$

Elevando-se esta equação ao quadrado $\Rightarrow$

$\Rightarrow 2g \cdot H = 49 \cdot 2g \cdot h \Rightarrow \dfrac{H}{h} = 49$

6. $e = \left(\dfrac{v_{afastamento}}{v_{aproximação}}\right) \Rightarrow e = \dfrac{(1 - (-1))}{(2 - 0)} \Rightarrow e = 1$ (colisão perfeitamente elástica)

7. c

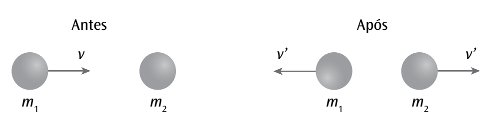
$I = \Delta Q$

Em módulo:

$F \cdot \Delta t = m \cdot v \Rightarrow F \cdot 0{,}50 = 1.000 \cdot \dfrac{54}{3{,}6}$

$F = 3 \cdot 10^4$ N

8. e



Colisão elástica: $e = 1 \Rightarrow 1 = \dfrac{v_{af}}{v_{ap}} \Rightarrow 1 = \dfrac{2v'}{v} \Rightarrow v = 2v'$

Por outro lado: $Q_{(antes)} = Q_{(após)}$

$m_1 \cdot v + m_2 \cdot 0 = m_1 \cdot (-v') + m_2 \cdot v'$

$m_1 \cdot 2\cancel{v'} = -m_1 \cdot \cancel{v'} + m_2 \cdot \cancel{v'}$

$3m_1 = m_2 \Rightarrow \dfrac{m_2}{m_1} = 3$

9. b

No choque, temos:

$m_m \cdot v_m = (m_m + m_j) \cdot v' \Rightarrow$

$\Rightarrow 50 \cdot 7 = (50 + 300) \cdot v' \Rightarrow v' = 1$ m/s

Ao atingir o solo:

$v_x = 1$ m/s e

$v_y = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 6} = \sqrt{120}$ m/s

Portanto, a velocidade resultante vale:

$v^2 = v_x^2 + v_y^2 \Rightarrow v^2 = (1)^2 + (\ 120)^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow v^2 = 121 \Rightarrow v = 11$ m/s

10. Na colisão do projétil com o bloco de massa M, temos:

$Q_0 = Q_1 \Rightarrow m \cdot v = (m + M) \cdot v'$

$10 \cdot 10^{-3} \cdot 402 = (10 \cdot 10^{-3} + 2) \cdot v'$

$v' = 2$ m/s

Como a colisão entre os blocos é elástica e eles têm a mesma massa, eles trocam de velocidades.

Bloco M: $v = 0$

Bloco M': $v' = 2$ m/s

Assim, temos:

$E_{cin.} = \dfrac{M' \cdot v'^2}{2} \Rightarrow E_{cin.} = \dfrac{2{,}01 \cdot (2)^2}{2} = 4{,}02$ J

Pela conservação da energia durante o processo de colisão com a mola, temos:

$E_{cin.} = E_{pot.el} \Rightarrow E_{cin.} = \dfrac{k \cdot x^2}{2} \Rightarrow 4{,}02 = \dfrac{804 \cdot x^2}{2} \Rightarrow x = 0{,}1$ m

FR.06

1. F – V – F – F – V

I. (F) As órbitas descritas pelos planetas são elipses, com o Sol ocupando um de seus focos; porém a velocidade de translação de um planeta ao redor do Sol não é constante.

II. (V) O período de translação de cada planeta ao quadrado é proporcional à distância média do planeta ao Sol ao cubo (3ª lei de Kepler); como Mercúrio é o planeta mais próximo do Sol, no sistema solar, seu período é menor quando comparado aos dos demais planetas.

III. (F) As órbitas são elípticas, porém o Sol ocupa um de seus focos.

IV. (F) Esta é a teoria geocêntrica, que contraria as leis de Kepler, em que o Sol é o centro do sistema.

V. (V) A velocidade de translação do planeta aumenta à medida que este se aproxima do Sol e diminui à medida que se afasta (consequência direta da 2ª lei de Kepler).

2. c

Planeta Alfa: d_A; $T_A = \sqrt{2}T$

Planeta Beta: $d_B = 2 \cdot d$; $T_B = T$

Planeta Gama: $d_G = d$; T_G

Da terceira lei de Kepler: $\dfrac{T_A^2}{d_A^3} = \dfrac{T_B^2}{d_B^3} = \dfrac{T_G^2}{d_G^3}$

$\dfrac{(\sqrt{2}T)^2}{d_A^3} = \dfrac{T^2}{(2 \cdot d)^3} \Rightarrow d_A^3 = 16 \cdot d^3$

$\dfrac{T_A^2}{d_A^3} = \dfrac{T_G^2}{d_G^3} \Rightarrow \dfrac{T_A^2}{16 \cdot d^3} = \dfrac{T_G^2}{d^3} \Rightarrow \left(\dfrac{T_A}{T_G}\right)^2 = 16 \Rightarrow \dfrac{T_A}{T_G} = 4$

3. b

A intensidade da forca gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os centros dos dois corpos $\left(F = G \cdot \dfrac{M \cdot m}{d^2}\right)$

- Na superfície da Terra: $F_1 = G \cdot \dfrac{M \cdot m}{R_{Terra}^2}$
- Acima da superfície da Terra: $F_2 = G \cdot \dfrac{M \cdot m}{d^2}$

Sendo $d > R$, temos $F_2 < F_1$.

4. d

$$F = \frac{G \cdot M \cdot M}{d^2} = \frac{G \cdot M^2}{d^2} \qquad \text{(I)}$$

$$F' = \frac{G \cdot M \cdot 2M}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{2 \cdot G \cdot M^2}{\frac{d^2}{4}} = 8 \cdot \frac{G \cdot M^2}{d^2} \Rightarrow \frac{F'}{8} = \frac{G \cdot M^2}{d^2} \qquad \text{(II)}$$

De (I) e (II), vem:

$F = \frac{F'}{8}$

$F' = 8 \cdot F$

5. d

Lei da gravitação universal: $F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$

Lei de Coulomb: $F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$

Logo, ambas variam com o inverso do quadrado da distância entre as partículas que interagem.

6. c

I. (V) $T_{\text{satélite geoestacionário}} = 24$ h (idem Terra)
II. (F) T não depende da massa $\left(T = \frac{2\pi \cdot R}{v}\right)$
III. (V) Manter mesma velocidade ⇒ mesma altura
IV. (V) Manter uma distância constante em relação à Terra.

7. b

Lei da gravitação universal: $F = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2}$

Mas esta força é a força peso:

$P = m \cdot g \Rightarrow m \cdot g = G \cdot \frac{M \cdot m}{R^2} \Rightarrow g = \frac{G \cdot M}{R^2}$

8. d

Pela segunda lei de Kepler: $\frac{A}{\Delta t}$ = constante

Assim:

$\frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_3}{\Delta t_3} \Rightarrow \frac{A_1}{\Delta t} = \frac{A_3}{\Delta t'} \Rightarrow \Delta t' = \frac{A_3 \cdot \Delta t}{A_1} < \Delta t \Rightarrow A_3 < A_1$

Portanto: $A_3 < A_2$, pois $A_2 = A_1$

9. d

I. (V) Isso ocorre em função da menor gravidade.
II. (V) No ponto mais alto da trajetória existe apenas o componente horizontal da velocidade, que não depende da gravidade.
III. (V) Em razão do maior tempo de permanência acima do solo, o alcance horizontal será maior.
IV. (V) As velocidades inicial e final têm o mesmo módulo.

10. a

Calculando-se a força gravitacional:

$F_g = \frac{G \cdot M_P \cdot M_P}{d^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}}{d^2} \simeq \frac{1,86 \cdot 10^{-64}}{d^2}$

Agora, calculando-se a força eletrostática:

$F_e = \frac{\frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot e \cdot e}{d^2} =$

$= \frac{\frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{d^2} \simeq \frac{2,30 \cdot 10^{-28}}{d^2}$

Comparando-se as duas forças, encontra-se:

$F_g = 8 \cdot 10^{-37} \cdot F_e$

FR.07

1. c

A potência mecânica é dada por: $\mathcal{P} = \frac{\mathcal{T}}{\Delta t}$

A equação dimensional é:

$[\mathcal{P}] = [\mathcal{T}] \cdot [\Delta t]^{-1} = [F] \cdot [d] \cdot [\Delta t]^{-1} = M \cdot L \cdot T^{-2} \cdot L \cdot T^{-1} = M \cdot L^2 \cdot T^{-3}$

Assim, a unidade de potência mecânica pode ser escrita como: kg · (m^2/s^3)

2. a

Unidades básicas no Sistema Internacional:

- comprimento (distância): $[d]$ = m
- massa: $[m]$ = kg
- tempo: $[t]$ = s
- intensidade de corrente elétrica: $[i]$ = A

Logo, para intensidade de campo elétrico: $[E] = \frac{N}{C}$

Mas: $N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$ ($[F] = [m] \cdot [a]$)

e: $C = A \cdot s$ ($[Q] = [i] \cdot [\Delta t]$)

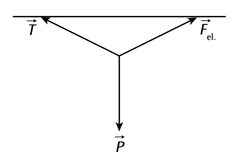
Assim: $[E] = kg \cdot m \cdot s^{-2}/(A \cdot s) = kg \cdot m \cdot A^{-1} \cdot s^{-3}$

3. a

O Sistema Internacional (SI) adota para a quantidade de calor, trabalho e energia a unidade denominada joule, cujo símbolo é J. A unidade que deveria ser abandonada a partir de 1960 é a caloria, cujo símbolo é cal, mas seu uso persiste até hoje.

4. e

Diagrama de forças:



$T \cdot \cos 30° = F_{el.} \cdot \cos 30° \rightarrow T = F_{el.}$

$T \cdot \text{sen } 30° + F_{el.} \cdot \text{sen } 30° = P$

$2F_{el.} \cdot \text{sen } 30° = P$

$2F_{el.} \cdot \frac{1}{2} = P$

$F_{el.} = P$

$k \cdot x = P$

$k \cdot 0,1 = 400$

$k = 4.000$ N/m $= 4 \cdot 10^3$ N/m

5. d

Para girar a porta é necessária a aplicação de um determinado momento em relação ao eixo das dobradiças.

Como: $M = F \cdot d$; (em que F = intensidade da força aplicada e d = braço desta força), podemos concluir que, quanto maior d, maior M.

6. b

O dedo mais próximo do centro de gravidade suporta mais peso quando as mãos estão separadas.

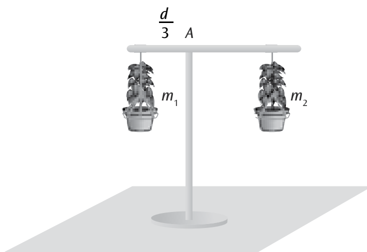
7. b

Na figura 2, temos: $M = F \cdot d = 70 \cdot 9,8 \cdot 0,3 \Rightarrow M = 205,8$ N · m

Na figura 1: $M = F \cdot d \Rightarrow 205,8 = 294 \cdot d \Rightarrow d = 0,70$ m = 70 cm

Portanto, o comprimento é 69,5 cm.

8. b



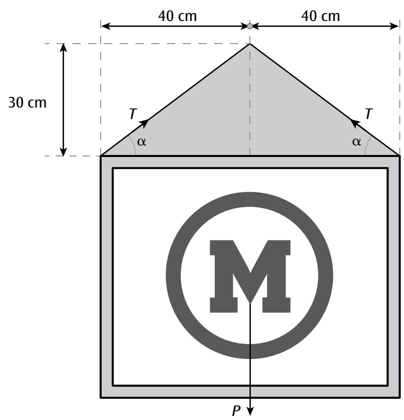
$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow m_1 \cdot \frac{d}{3} = m_2 \cdot \frac{2 \cdot d}{3} \Rightarrow m_2 = \frac{m_1}{2}$$

9. $\Sigma M = 0$

$-P_R \cdot 0{,}4 + P_C \cdot 0{,}3 = 0 \Rightarrow -240 \cdot \cancel{g} \cdot 0{,}4 + m \cdot \cancel{g} \cdot 0{,}3 = 0$

$-96 + 0{,}3m = 0 \Rightarrow m = 320$ kg

10. e



Equilíbrio na vertical:

$$2 \cdot T \cdot \text{sen}\ \alpha = P \Rightarrow 2 \cdot T \cdot \frac{30}{50} = 36 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{36 \cdot 50}{60} \Rightarrow T = 30\ \text{N}$$

FR.08

1. a) $d = \dfrac{m}{V} \Rightarrow m = d \cdot V = 0{,}80 \cdot 900 = 720\ \text{g} = 0{,}72\ \text{kg}$

$P = m \cdot g = 0{,}72 \cdot 10 = 7{,}2$ N

b) 1 lata $\Rightarrow$ 0,72 kg;

n latas $\Rightarrow$ 180 kg; logo: $n = \dfrac{180}{0{,}72} \Rightarrow n = 250$ latas

2. d

O enunciado diz respeito ao princípio de Pascal.

3. c

$0{,}8\ \text{g/cm}^3 = 0{,}8 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3$

$p_e = \mu \cdot g \cdot h = 0{,}8 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}6 = 4.800\ \text{N/m}^2$

$\Delta p = \mu \cdot g \cdot \Delta h = 0{,}8 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot (0{,}7 - 0{,}5) = 1.600\ \text{N/m}^2$

4. b

Cálculo da pressão hidrostática (exercida pela coluna de água) no fundo da barragem:

$p_{\text{água}} = \rho \cdot g \cdot h = 1 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8 \cdot 196 = 19{,}208 \cdot 10^5\ \text{N/m}^2$

À meia altura da coluna de água, a pressão será a metade desse valor: $9{,}604 \cdot 10^5\ \text{N/m}^2$

5. No equilíbrio da prensa:

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{S_A}{S_B} \Rightarrow \frac{3.500 \cdot g}{50 \cdot g} = \frac{S_A}{S_B} \Rightarrow \frac{S_A}{S_B} = 70$$

6. d

Para a esfera totalmente submersa, o empuxo é constante, enquanto a esfera afunda, $P > E$.

7. F – V – F – F – V

- $V_{\text{bloco}} = a^3 = (5)^3 \Rightarrow V_{\text{bloco}} = 125\ \text{cm}^3$
- $d_{\text{bloco}} = \dfrac{m}{V} = \dfrac{200}{125} \Rightarrow d_{\text{bloco}} = 1{,}6\ \text{g/cm}^3$

Assim, temos:

I. (F) A densidade é $1{,}6\ \text{g/cm}^3$.

II. (V) $p = \dfrac{P}{A} = \dfrac{m \cdot g}{A} \Rightarrow p = \dfrac{0{,}2 \cdot 10}{25 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow p = 800\ \text{N/m}^2$

III. (F) O bloco afunda, pois: $d_{\text{bloco}} > d_{\text{água}}$

IV. (F) $E = d_{\text{água}} \cdot g \cdot V_{\text{bloco}} \Rightarrow E = 10^3 \cdot 10 \cdot 125 \cdot 10^{-6} \Rightarrow E = 1{,}25$ N

V. (V) $T + E = P \Rightarrow T = P - E \Rightarrow T = 2 - 1{,}25 \Rightarrow T = 0{,}75$ N

8. c

$P = E$

$m \cdot g = \mu' \cdot V_{c'} \cdot g$

$\Rightarrow \mu \cdot V_c = \mu' \cdot V_{c'} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{\mu}{\mu'} = \frac{V_{c'}}{V_c} \Rightarrow \frac{\mu}{\mu'} = \frac{\frac{2}{3} a \cdot a \cdot a}{a^3} = \frac{2}{3}$$

9. a) A pressão atmosférica de 1 atm corresponde a uma pressão de uma coluna de 75 cm de mercúrio e, aproximadamente, à pressão de uma coluna de 10 m de água ou, no caso do exercício, sangue. Como a pressão arterial proposta no exercício é cinco vezes menor do que a pressão atmosférica dada, o coração consegue bombear o sangue a uma altura cinco vezes menor do que os 10 m, ou seja, em torno de 2 m acima do coração.

b) Como a altura máxima que o coração consegue bombear o sangue é de 200 cm (2 m) e o cérebro da pessoa está a 50 cm acima do coração, ou seja, a uma altura quatro vezes menor, a aceleração gravitacional máxima a que ela pode estar sujeita é quatro vezes maior do que a aceleração gravitacional terrestre.

10. b

$E = P$

$\mu_{\text{água}} \cdot g \cdot V_a = m \cdot g$

$\mu_{\text{água}} \cdot V_{\text{sub.}} = \mu_0 \cdot V_0$

$$\frac{V_{\text{sub.}}}{V_0} = \frac{\mu_0}{\mu_{\text{água}}}$$

$$\frac{\mu_{\text{(objeto)}}}{\mu_{\text{(água)}}} = f_{\text{(submerso)}}$$

$$f_{\text{(submerso)}} = \frac{0{,}9}{1} = 0{,}9 = \frac{9}{10}$$

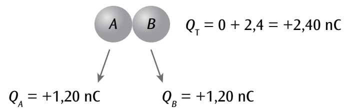
Logo:

$$f_{\text{(emerso)}} = \frac{1}{10} = 0{,}1$$

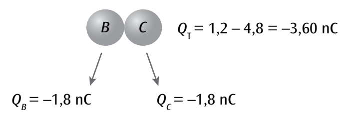
FR.09

1. b

1º Contato entre A e B:



2º Contato entre B e C:



Esfera C no início $\rightarrow Q_c = -4,80$ nC

Esfera C no final $\rightarrow Q_c = -1,8$ nC

Logo, a esfera C perdeu elétrons, pois tornou-se menos negativa. Perdeu uma carga equivalente a 3,0 nC.

Quantidade de elétrons perdidos: $Q = n \cdot e^-$

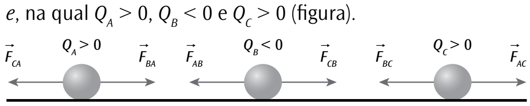
$3 \cdot 10^{-9} = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$

$$n = \frac{3 \cdot 10^{-9}}{1,6 \cdot 10^{-19}}$$

$n = 1,875 \cdot 10^{10}$ elétrons

2. e

Para que cada uma das esferas esteja em equilíbrio, ela deve estar sujeita a duas forças de mesma intensidade e sentidos opostos. Para isso, a esfera B deve ter carga elétrica de sinal oposto das cargas elétricas das esferas A e C. A única alternativa compatível com isso é a e, na qual $Q_A > 0$, $Q_B < 0$ e $Q_C > 0$ (figura).



3. b

Como o vetor $\vec{E}$ possui sentido para a direita, conclui-se que a carga geradora é positiva ($Q > 0$).

Por outro lado, a carga de prova (q) é atraída pela carga geradora (Q) por uma força $\vec{F}$. Logo, a carga de prova é negativa ($q < 0$).

4. a

$$\text{Situação 1: } 20 = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{(5 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2| = 5 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{Situação 2: } F = \frac{K \cdot |Q_1| \cdot |Q_2|}{(10 \cdot 10^{-2})^2} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{100 \cdot 10^{-4}} = 5 \text{ N}$$

5. a) Lei de Coulomb:

$$F = \frac{K \cdot |Q_A| \cdot |Q_B|}{d^2} \Rightarrow F = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-7}}{0,1^2} \therefore F = 9 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

b) A força elétrica fará o papel de força centrípeta.

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$9 \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{v^2}{0,1} \therefore v = 3 \text{ m/s}$$

6. Soma = 31 (01 + 02 + 04 + 08 + 16)

(01) (V) Entre as placas, o campo elétrico tem intensidade constante e, portanto, para cada íon: $F = q \cdot E =$ constante.

(02) (V) Os íons são repelidos pela placa negativa e atraídos pela a placa positiva.

(04) (V) $F = q \cdot E$, logo: para q maior $\Rightarrow F$ será maior.

(08) (V) A força resistiva, devido à viscosidade do gel, será mais intensa nos íons maiores.

(16) (V) Temos que: $\mathcal{T} = q \cdot U$ e $E \cdot d = U$

Para $d = 0,2$ m $\Rightarrow U = 50$ V (J/C), como $E =$ constante

para $d = 0,1$ m $\Rightarrow U = 25$ V

Portanto: $\mathcal{T} = 8,0 \cdot 10^{-19} \cdot 25 = 2,0 \cdot 10^{-17}$ J

7. e

Considerando que agem forças conservativas sobre a carga em movimento, o sistema é conservativo e, portanto, ela deverá atingir um ponto infinitamente distante da segunda carga fixa com velocidade v. Com isso, a carga irá prosseguir indefinidamente pelo trilho.

8. e

As linhas de força devem divergir das cargas elétricas positivas e convergir para as cargas elétrica negativas. Portanto, pela figura, temos $Q_A > 0$, $Q_B < 0$ e $Q_C > 0$.

9. b

Razão entre o potencial elétrico e o campo elétrico no ponto P:

$$\frac{V}{E} = \frac{\dfrac{k \cdot Q}{d}}{\dfrac{k \cdot |Q|}{d^2}} = \frac{k \cdot Q}{d} \cdot \frac{d^2}{k \cdot |Q|} = d$$

$$\frac{V}{900} = 0,2 \therefore V = 180 \text{ V}$$

10. Aplicando o teorema da energia cinética: $\mathcal{T}_R = E_{cf} - E_{ci}$

$E_{ci} = 2,4 \cdot 10^{-16}$J

Para inverter o sentido de movimento: $v = 0 \Rightarrow E_{cf} = 0$

$\mathcal{T}_R = \mathcal{T}_{Fel.} = F_{el} \cdot d \cdot \cos 180^o$, mas:

$F_{el.} = q \cdot E \Rightarrow q \cdot E \cdot d \cdot (-1) = 0 - E_{ci} \Rightarrow$

$\Rightarrow 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3,0 \cdot 10^4 \cdot d = 2,4 \cdot 10^{-16} \Rightarrow$

$\Rightarrow d = 5 \cdot 10^{-2}$ m $= 5$ cm

FR.10

1. d

A carga elétrica corresponde à área sob o gráfico $i \times t$ entre $t = 2$ s e $t = 4$ s.

$$\Delta q = \frac{(B + b) \cdot h}{2} = \frac{(4 + 2) \cdot 2}{2} \therefore \Delta q = 6 \text{ C}$$

2. a) Do 1º gráfico, vem: $i = A_1 \cdot t$ (1)

Do 2º gráfico, vem: $U = A_2 \cdot t$ (2)

De (1) e (2):

$$\frac{U}{i} = \frac{A_2}{A_1} = i \text{ constante}$$

Sendo $R = \dfrac{U}{i}$, conclui-se que R é constante e o resistor é ôhmico.

Dos gráficos, temos para $t = 10$ s $\Rightarrow$

$\Rightarrow U = 0,5$ V e $i = 1,0$ A

Portanto, $R = \dfrac{0,5}{1} = 0,5\ \Omega$

b) O produto $U \cdot i$ equivale à potência elétrica do resistor. A área sob o gráfico é numericamente igual à energia elétrica dissipada no resistor sob a forma de calor.

3. b

$U_A = U_B$

$R_A \cdot i_A = R_B \cdot i_B$

$3R_B \cdot iA = R_B \cdot i_B$

$i_A = \dfrac{i_B}{3}$

4. a) Para o fusível, temos: $U = 110$ V e $i_{máx.} = 5$ A

Assim: $\mathcal{P}_{máx.} = i_{máx.} \cdot U = 5 \cdot 110 = 550$ W

b) Cálculo do número máximo de lâmpadas:

$n = \dfrac{\mathcal{P}_{máx.}}{\mathcal{P}} = \dfrac{550}{150} \simeq 3,7$

Assim, o número máximo de lâmpadas será 3.

5. Potência do resistor:

$\mathcal{P} = R \cdot i^2 = 4.000 \cdot 2^2 = 16.000$ W

Calor fornecido para fundir 1 kg de gelo:

$Q = m \cdot L = 1.000 \cdot 80 = 80.000 \text{ cal} \simeq 19.048$ J

Tempo que o circuito ficou ligado:

$\mathcal{P} = \dfrac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 16.000 = \dfrac{19.048}{\Delta t} \therefore \Delta t \simeq 1,2$ s

6. d

A resistência elétrica pode ser calculada por: $R = \dfrac{\rho \cdot \ell}{A}$

Substituindo os valores, vem: $R = \dfrac{17 \cdot 10^{-8} \cdot 2}{20 \cdot 10^{-4}} = 17 \cdot 10^{-5}\ \Omega$

7. c

O aumento de temperatura da água será proporcional à potência dissipada pela resistência do chuveiro.

Como: $\mathcal{P} = \dfrac{U^2}{R}$ e U = constante, quanto maior a resistência (R), menor será a potência dissipada e, portanto, menor o aumento da temperatura.

Na situação I: $R_I = R_1$

Na situação III: $R_{III} = R_1 + R_2$

Então: $R_{III} > R_I \Rightarrow P_{III} < P_I$

Na situação II, o circuito está aberto, resistores desconectados, portanto não haverá potência dissipada: $\mathcal{P}_{II} = 0$

Assim: $\mathcal{P}_{II} < \mathcal{P}_{III} < \mathcal{P}_I \Rightarrow$ II: frio; III: morno e I: quente

8. b

Resistência elétrica do resistor:

$R = \dfrac{U}{i} = \dfrac{20}{10} \Rightarrow R = 2\ \Omega$

Potência quando submetido a uma tensão de 4 V:

$\mathcal{P} = \dfrac{U^2}{R} = \dfrac{4^2}{2} \therefore \mathcal{P} = 8$ W

9. c

A partir dos valores nominais do chuveiro: $\mathcal{P} = i \cdot U$

$6.000 = i \cdot 220 \Rightarrow i = \dfrac{600}{22} \simeq 27,3$ A

Assim, os disjuntores a serem colocados deverão permitir uma corrente máxima de aproximadamente 30 A.

10. b

Como os chuveiros têm mesma potência e funcionam no mesmo intervalo de tempo, consomem a mesma energia.

FR.11

1. a

Como todos os n resistores estão associados em paralelo, a ddp em cada um deles será ε. Aplicando a primeira lei de Ohm em cada resistor:

$\varepsilon = R \cdot i \Rightarrow i = \dfrac{\varepsilon}{R}$

2. c

Nas condições descritas, os resistores de resistência X e R serão percorridos pela mesma corrente i (estão associados em série), assim, aplicando-se a primeira lei de Ohm:

- para o circuito: $U = (R + X) \cdot i$
- para o resistor de resistência R: $\dfrac{U}{10} = R \cdot i \Rightarrow U = 10 \cdot R \cdot i$

Logo: $10 \cdot R \cdot i = (R + X) \cdot i \Rightarrow$

$\Rightarrow 10 \cdot R = R + X \Rightarrow X = 9 \cdot R$

3. Resistência equivalente:

$R_{eq.} = \dfrac{(2 + X) \cdot 2}{(2 + X) + 2} = \dfrac{2X + 4}{X + 4}$

Aplicando a lei de Ohm:

$U = R_{eq} \cdot i$

$9 = \left(\dfrac{2X + 4}{X + 4}\right) \cdot 7,5$

$1,2 = \dfrac{2X + 4}{X + 4}$

$1,2X + 4,8 = 2X + 4 \Rightarrow X = 1,0\ \Omega$

4. Corrente fornecida pelo gerador para que o resistor R_1 dissipe 18 W de potência:

$\mathcal{P} = R_1 \cdot i^2 \Rightarrow 18 = 2 \cdot i^2 \Rightarrow i = 3$ A

Resistência equivalente do circuito:

$U = R_{eq} \cdot i \Rightarrow 20 = R_{eq} \cdot 3 \Rightarrow R_{eq} = \dfrac{20}{3}\ \Omega$

Por sua vez, temos:

$R_{eq} = R_1 + \dfrac{(n \cdot 2 + R_2) \cdot R_3}{(n \cdot 2 + R_2) + R_3}$

$\dfrac{20}{3} = 2 + \dfrac{(n \cdot 2 + 1) \cdot 14}{(n \cdot 2 + 1) + 14}$

$\dfrac{14}{3} = \dfrac{28n + 14}{2n + 15}$

$28n + 210 = 84n + 42 \therefore n = 3$

5. a

$i_T = i_1 + i_2 \Rightarrow 30 = 10 + i_2 \Rightarrow i_2 = 20$ A

Por outro lado: $U_1 = R_1 \cdot i_1 \Rightarrow U_1 = 40 \cdot 10 = 400$ V

Como R_1 e R_2 estão associados em paralelo, temos $U_2 = 400$ V.

Portanto: $U_2 = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow 400 = R_2 \cdot 20 \Rightarrow R_2 = 20\ \Omega$

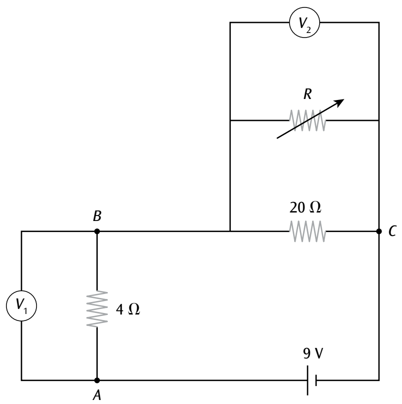
6. b

Nos esquemas mostrados em *a*, *c*, *d* e *e*, temos pelo menos uma lâmpada em série com o restante do circuito. Nesse caso, se essa lâmpada se queima, todas as outras se apagarão. No esquema mostrado em *b*, por sua vez, se uma das lâmpadas se queima, apenas o ramo em que ela está ligada deixará de funcionar e as outras lâmpadas continuarão acesas, submetidas à mesma tensão anterior.

7. Para $i = 0$; $U = 6{,}0$ V, logo: $\varepsilon = 6{,}0$ V
Quando $i = 0{,}4$ A; $U = 4{,}0$ V
Para a bateria: $U = \varepsilon - R \cdot i \Rightarrow$
$\Rightarrow 4{,}0 = 6{,}0 - R \cdot 0{,}4 \Rightarrow R = 5\ \Omega$

8. e
Chave *C* aberta: os amperímetros A_1 e A_2 efetuam a mesma leitura, isto é, a corrente que percorre R_1.
Chave *C* fechada: R_1 e R_2 formam uma associação em paralelo. $R_P < R_1$. Portanto, a corrente em A_1 aumenta. Como a ddp em R_1 continua a mesma, a leitura de A_2 não muda.

9. b



Para que V_1 e V_2 indiquem a mesma diferença de potencial, a resistência equivalente entre os pontos *A* e *B* e entre os pontos *B* e *C* do circuito devem ser iguais, portanto:

$$R_{AB} = 4\ \Omega \text{ e } R_{BC} = \frac{(R \cdot 20)}{(R + 20)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{(R \cdot 20)}{(R + 20)} = 4 \Rightarrow 20R = 4R + 80 \Rightarrow R = 5\ \Omega$$

10. c
Para que a ponte esteja em equilíbrio, temos:
$R_x \cdot R_2 = R_1 \cdot R_3$
$R_x \cdot 5 = 2 \cdot 5 \Rightarrow R_x = 2\ \Omega$
Aplicando a lei de Ohm no ramo superior, temos:

$$i_1 = \frac{U}{R_1 + R_x} = \frac{3}{2+2} \therefore i_1 = 0{,}75 \text{ A}$$

Aplicando a lei de Ohm no ramo inferior, temos:

$$i_2 = \frac{U}{R_2 + R_3} = \frac{3}{5+5} \therefore i_2 = 0{,}3 \text{ A}$$

FR.12

1. b
A aproximação das faces *B* (ímã 1) e *A* (ímã 2) provoca repulsão; logo, possuem a mesma polaridade.
A aproximação das faces *B* (ímã 1) e *B* (ímã 2) provoca atração; logo, possuem polaridades diferentes.

2. b
I. (F) Não existe monopolo magnético.
II. (F) O polo norte magnético de uma bússola é atraído pelo polo sul magnético do planeta, que está localizado próximo ao polo norte geográfico deste.

3. d
A trajetória descrita a partir do ponto 2 corresponde à trajetória do nêutron, pois, como sua carga elétrica é nula, não sofre força magnética e se mantém em trajetória retilínea.
A regra da mão esquerda determina o sentido da força magnética que atua nas partículas portadoras de carga elétrica, causando mudança na direção da velocidade desta partícula: no sentido anti-horário para portadores de carga positiva (próton), e no sentido horário para portadores de carga negativa (elétron). Assim: a trajetória do próton está descrita a partir do ponto 1 e do elétron a partir do ponto 3.

4. e
Na situação descrita, temos:
$F = B \cdot i \cdot \ell \cdot \text{sen } 90° \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2 \cdot 10^{-2} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot i \cdot \frac{2}{3} \cdot 3 \Rightarrow i = 5 \text{ A}$$

Como: $U = R \cdot i \Rightarrow \varepsilon = 6 \cdot 5 = 30$ V

5. c
O campo magnético no centro de uma espira circular é dado por:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2R} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{2 \cdot 1 \cdot 10^{-2}} = 2\pi \cdot 10^{-4} \text{ Weber/m}^2$$

6. c
No caso de uma corrente alta, a lâmina bimetálica irá se aquecer e deve curvar para a direita a fim de tocar a extremidade do atuador *A*. Para isso, o metal *X* deve ter maior coeficiente de dilatação linear do que o metal *Y*, ou seja, $\alpha_X > \alpha_Y$. Em relação ao eletroímã, pela regra da mão direita pode-se determinar que, para o sentido da corrente indicado, o campo magnético em seu interior apontará para a direita.

7. b
Só haverá corrente induzida na bobina ligada ao amperímetro se houver variação temporal no campo magnético na bobina inferior. Esse campo sofrerá variações temporais ao se ligar e ao se desligar o interruptor, ou seja, em torno dos instantes t_1 e t_2, essas variações ocorrerão em sentidos opostos, produzindo correntes induzidas também em sentidos opostos.

8. e
A força magnética entre fios paralelos, percorridos por correntes elétricas i_1 e i_2 e separados por uma distância *d* entre si, é dada por:

$F_m = \dfrac{\mu \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \ell}{2\pi \cdot d}$, em que ℓ é o comprimento dos fios. Como neste caso temos $i_1 = i_2 = I$, a força será: $F_m = \dfrac{\mu \cdot \ell}{2\pi \cdot d} \cdot I^2$

Como as correntes nos fios terão sentidos opostos, eles sofrerão uma força magnética de repulsão entre si.

9. a) Área da espira:
$A = 0{,}04 \text{ m} \cdot 0{,}04 \text{ m} = 1{,}6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
Fluxo magnético na espira:
$\Phi = B \cdot A \cdot \cos 53° = 2{,}5 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}6$
$\Phi = 2{,}4 \cdot 10^{-3}$ Wb

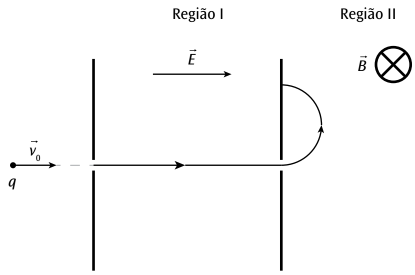
b) Quando a espira ficar paralela ao campo magnético, o fluxo magnético será nulo. Portanto, a força eletromotriz induzida será:

$$\varepsilon_{\text{ind.}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{2{,}4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 1{,}2 \text{ V}$$

Aplicando a lei de Ohm, temos:

$$i_{ind.} = \frac{\varepsilon_{ind.}}{R} = \frac{1,2}{20} \therefore i_{ind.} = 0,06 \text{ A}$$

10. a) Na região I, a partícula sofre uma força elétrica no mesmo sentido do campo elétrico e, portanto, mantém trajetória retilínea, mas executando um movimento uniformemente acelerado. Já na região II, a partícula sofre uma força magnética perpendicular à sua velocidade e executa um movimento circular uniforme, como mostra a figura.



b) Aceleração da partícula na região I:

$F_R = m \cdot a \Rightarrow |q| \cdot E = m \cdot a \Rightarrow$

$$\Rightarrow a = \frac{|q| \cdot E}{m}$$

$$a = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-27}} = 10^{11} \text{ m/s}^2$$

Velocidade no final da região I:

$v = v_0 + a \cdot t = 10^5 + 10^{11} \cdot 10^{-6}$

$v = 2 \cdot 10^5$ m/s

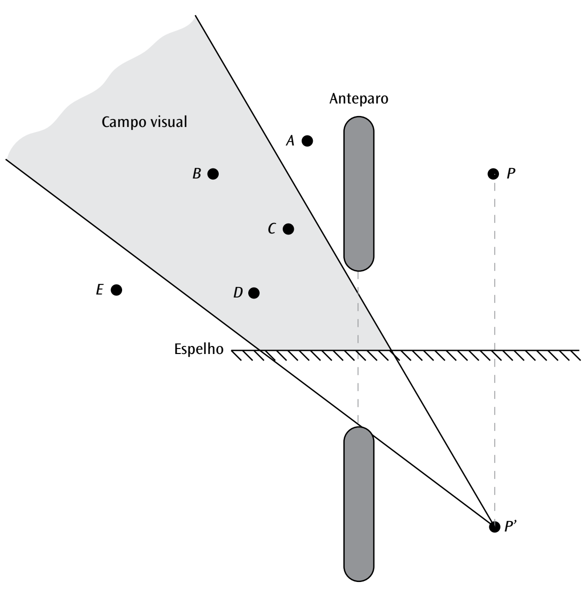
c) $$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1}$$

$R = 2 \cdot 10^{-2}$ m = 2 cm

FR.13

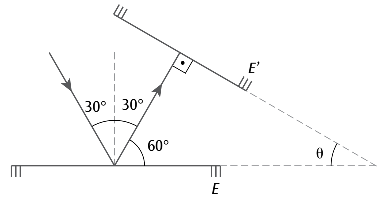
1. d

Construindo o campo visual do observador *P*, considerando o anteparo, temos:



2. b

Observe a figura:



$\theta + 90° + 60° = 180°$

$\theta = 30°$

3. e

Ângulo-limite entre os meios *A* e *B*:

$$\text{sen } L = \frac{n_{menor}}{n_{maior}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \therefore L = 45°$$

Portanto, um raio de luz que incidir do meio *B* (mais refringente) para o meio *A* (menos refringente), com ângulo maior do que 45º, sofrerá reflexão total.

4. c

Profundidade aparente da piscina:

$$\frac{p'}{p} = \frac{n_{vai}}{n_{provém}}$$

$$\frac{p'}{3} = \frac{1}{\frac{4}{3}} \Rightarrow p' = 2,25 \text{ m}$$

Portanto, a pessoa verá o fundo da piscina 0,75 m acima da sua posição real.

5. a

Vamos calcular o ângulo limite ($\hat{L}$), uma vez que a luz incide do meio mais refringente para o meio menos refringente.

$$\text{sen } \hat{L} = \frac{n_{ar}}{n_{vidro}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \hat{L} = 45°$$

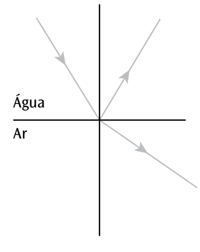
Como $\hat{i} > \hat{L} \Rightarrow$ ocorre reflexão total.

6. a

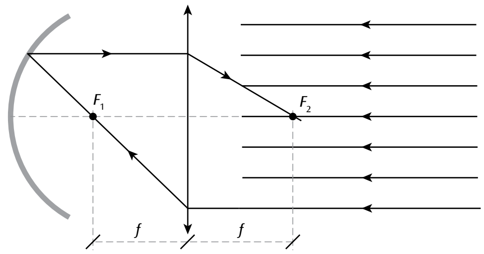
Quando um raio de luz atravessa uma lâmina de faces paralelas, ele não sofre desvio angular. Portanto, mesmo com a presença da lâmina nas figuras *B* e *C*, o raio de luz incidirá no prisma na direção horizontal e, portanto, sofrerá o mesmo desvio angular (por causa do prisma) da situação mostrada na figura *A*.

7. c

Da segunda lei da reflexão: o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. Como consequência de lei de Snell, ao passar da água para o ar, um raio de luz, que se refrata, afasta-se da reta normal:



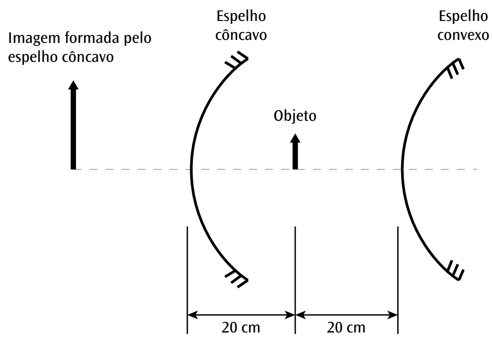
8. A figura a seguir ilustra a trajetória de um raio para a situação descrita:



Assim, os pontos F_1 e F_2 correspondem aos focos principais da lente, se $\overline{F_1F_2} = 40$ cm $\Rightarrow f = 20$ cm.

9. a

Como o raio de curvatura do espelho côncavo é 80 cm, sua distância focal é 40 cm, que será a distância entre os vértices dos dois espelhos. O objeto, portanto, é colocado a 20 cm do vértice do espelho côncavo e este forma uma imagem virtual, maior e direita do objeto, como mostra a figura.



Aplicando a equação de Gauss para a formação da imagem pelo espelho côncavo, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{40} = \frac{1}{20} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{40} - \frac{1}{20} = \frac{1}{p'} \Rightarrow -\frac{1}{40} = \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = -40 \text{ cm}$$

A imagem conjugada pelo espelho côncavo será um objeto real para o espelho convexo e estará a 80 cm de seu vértice. A distância focal do espelho convexo é $f = -\frac{40}{2} = -20$ cm. Aplicando a equação de Gauss, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{-20} = \frac{1}{80} + \frac{1}{p'}$$

$$-\frac{1}{20} - \frac{1}{80} = \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{-5}{80} = \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = -16 \text{ cm}$$

Portanto, a imagem gerada pelo espelho convexo estará a 16 cm de seu vértice e será virtual e direita.

10. d

Sílvia tem miopia (a imagem forma-se antes da retina) e para corrigir sua visão vai precisar de lentes divergentes.

Paula tem hipermetropia (a imagem forma-se após a retina) e para corrigir sua visão vai necessitar de lentes convergentes.

FR.14

1. a

O intervalo compreendido entre $t = 2$ μs e $t = 16$ μs ($\Delta t = 14$ μs) corresponde ao tempo para que o pulso que penetra na artéria percorra duas vezes o seu diâmetro (ida e volta). Portanto, temos:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2D}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1.500 = \frac{2D}{14 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow D = 0{,}0105 \text{ m} = 1{,}05 \text{ cm}$$

A artéria carótida é uma ramificação da artéria aorta que leva sangue arterial do coração para a caixa craniana.

2. e

Pela equação de onda: $v = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$

Considerando que as ondas do rádio se propagam com velocidade igual a $3 \cdot 10^8$ m/s, temos: $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{1.200 \cdot 10^3} = 250$ m

3. c

Em cada período de oscilação, a onda percorre uma distância igual ao comprimento de onda λ. Sendo cada período composto por 16 pessoas com espaçamento médio de 80 cm entre uma e outra, temos que:

$\lambda = 15 \cdot 80$ cm $= 1.200$ cm $= 12$ m

A velocidade de propagação é $v = 45$ km/h $= 12{,}5$ m/s.

Aplicando a equação fundamental da ondulatória, temos:

$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 12{,}5 = 12 \cdot f \Rightarrow$

$\Rightarrow f \simeq 1$ Hz

4. Temos que: $v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$

Como para os dois estados estacionários o valor de v é o mesmo:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

Da figura: $\lambda_1 = 3 \cdot \lambda_2 \Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{\lambda_2}{3 \cdot \lambda_2} \Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{1}{3}$

5. e

a) (F) A frequência da onda sonora depende da fonte que a produziu e não se altera com a mudança de meio.

b) (F) Ao passar de um meio para outro, a onda sonora muda sua velocidade e, em consequência, muda seu comprimento de onda.

c) (F) A qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco é a intensidade do som (volume).

d) (F) É o timbre.

e) (V) Para a menor frequência vem: $340 = \lambda \cdot 20 \Rightarrow \lambda = 17$ m

6. a

Comprimento de onda da nota lá:

$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 330 = \lambda \cdot 440 \Rightarrow \lambda = 0{,}75$ m $= 75$ cm

A situação indica que há interferência destrutiva do som da nota lá na posição do Sr. Rubinato. Sendo $\Delta x = \ell$ a diferença de percurso das ondas emitidas pelas duas fontes (C_d e C_e), devemos ter:

$$\Delta x = n_{\text{ímpar}} \cdot \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \ell = n_{\text{ímpar}} \cdot \frac{75}{2}$$

Para $n_{\text{ímpar}} = 1$, temos: $\ell = 1 \cdot 37{,}5 \simeq 38$ cm

7. a
Como a frequência da onda sonora emitida pela corda que foi tocada é igual à frequência natural de vibração da corda que estava inicialmente em repouso, esta entra em ressonância com a onda sonora e passa a vibrar.

8. a) Potência útil para aquecimento dos alimentos:
$\mathcal{P}_u = 50\% \cdot \mathcal{P}_T = 0{,}5 \cdot 1.400 = 700$ W
Tempo de aquecimento da água:

$$\mathcal{P} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Delta t}$$

$$700 = \frac{100 \cdot 4{,}2 \cdot 20}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = 12 \text{ s}$$

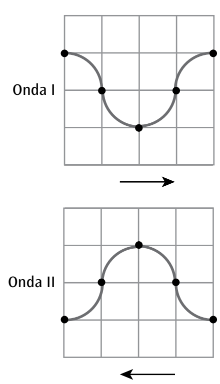
b) Pela figura, temos 5 fusos em um comprimento de 30 cm.

$$5 \cdot \frac{\lambda}{2} = 0{,}30 \text{ m} \Rightarrow \lambda = 0{,}12 \text{ m}$$

Aplicando a equação fundamental da ondulatória, temos:
$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = 0{,}12 \cdot f \Rightarrow$
$\Rightarrow f = 2{,}5 \cdot 10^9$ Hz

9. d
O instante $t = 3\frac{T}{4}$ corresponde a meio período $\left(\frac{T}{2}\right)$ após o instante $t = \frac{T}{4}$. Portanto, as ondas I e II mostradas na figura no instante $t = \frac{T}{4}$ terão se propagado meio comprimento de onda e, no instante $t = 3\frac{T}{4}$, estarão como mostrado na figura a seguir. Portanto, haverá uma interferência destrutiva e a corda terá a configuração mostrada na alternativa *d*.

$t = 3\frac{T}{4}$



10. b
Cálculo do comprimento de onda:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 340 = \lambda \cdot 68 \Rightarrow \lambda = \frac{340}{68} = 5 \text{ m}$$

O túnel se comporta como um tubo aberto de comprimento igual a 30 m. O número de nós da onda estacionária, ou seja, os locais onde a intensidade do som é nula, corresponde ao harmônico produzido no tubo.

Portanto: $\lambda_n = \frac{2L}{n} \Rightarrow n = \frac{2L}{\lambda_n} = \frac{2 \cdot 30}{5} = 12$

FR.15

1. e
De acordo com o diagrama de temperaturas abaixo, pode-se determinar a equação de correspondência entre T_C e T_A:

$$\frac{T_C - (-20)}{20 - (-20)} = \frac{T_A - 0}{50 - 0} \rightarrow T_A = \frac{5 \cdot (T_C + 20)}{4}$$

Agora, calculando as temperaturas na escala *A* para a temperatura de fusão do gelo ($T_C = 0$ °C) e para a ebulição da água ($T_C = 100$ °C):

$$T_C = 0 \text{ °C} \rightarrow T_A = \frac{5 \cdot (0 + 20)}{4} = 25 \text{ °A}$$

$$T_C = 100 \text{ °C} \rightarrow T_A = \frac{5 \cdot (100 + 20)}{4} = 150 \text{ °A}$$

2. d
Pela informação fornecida no enunciado, temos:
$T = \theta_F + 145 \Rightarrow \theta_F = T - 145$
Aplicando a relação entre a escala Fahrenheit e a escala Kelvin:

$$\frac{T - 273}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$$

$$\frac{T - 273}{5} = \frac{T - 145 - 32}{9}$$

$9T - 2.457 = 5T - 885$
$T = 393$ K
Relação entre as escalas Celsius e Kelvin:
$T = \theta_C + 273$
$393 = \theta_C + 273 \therefore \theta_C = 120$ °C

3. d
Primeiramente, para determinar o calor específico na substância na fase líquida, tem-se que:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow 360 \cdot 2 = 200 \cdot c \cdot (80 - 20) \Rightarrow c = \frac{720}{12.000}$$

$c = 0{,}06$ cal/g · °C
Agora, para calcular o calor latente da mesma substância: $Q = m \cdot L$
$360 \cdot 10 = 200 \cdot L \Rightarrow L = 18$ cal/g

4. c
Energia consumida pelo coração em 1 dia (86.400 s).
$E = \mathcal{P} \cdot \Delta t = 10 \text{ W} \cdot 86.400 \text{ s} = 864.000 \text{ J} = 216$ kcal
Porcentagem em relação à dieta alimentar diária:

$$\frac{216}{2.500} \simeq 0{,}09 = 9\%$$

5. e
I. (F) A maçaneta e a madeira estão à mesma temperatura (temperatura ambiente). A sensação de que a maçaneta está mais fria se dá em razão de o metal ser melhor condutor de calor que a madeira.
II. (F) A troca de calor neste caso se dá por irradiação térmica, já que a mão está abaixo da panela.
III. (V) O metal é melhor condutor de calor que o vidro.
IV. (V) O "vácuo" entre as paredes impede trocas de calor por condução e convecção.

6. a
Como a vazão de água é 8 L/min, sabe-se que a quantidade de água fria é 80 L, que equivale a 80 kg (densidade da água = 1 kg/L). A temperatura de equilíbrio do sistema é de 30 °C, sabe-se que no equilíbrio térmico (x = quantidade de tempo que a torneira quente ficou ligada):

$Q_1 + Q_2 = 0$
$80 \cdot c \cdot (30 - 20) + x \cdot 8 \cdot c \cdot (30 - 70) = 0$
$x = 2{,}5$ minutos

7. e
Objetos de cor escura têm maior capacidade de absorver e emitir radiação eletromagnética. Portanto, a taxa de variação da temperatura da garrafa preta será maior durante o aquecimento (quando a lâmpada está ligada) e no resfriamento (quando a lâmpada está desligada).

8. d
Sendo o coeficiente de dilatação do bronze maior que o do ferro, durante o aquecimento, a lâmina de bronze sofre maior dilatação tornando-se maior do que a lâmina de ferro. Dessa forma, a lâmina curvará para baixo, como mostrado na alternativa *d*.

9. b
$\Delta V_{ap.} = \Delta V_L - \Delta V_F$
$\Delta V_{ap.} = V_0 \cdot \Delta T \cdot (\gamma_L - \gamma_F)$
$352 = 10 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot (5 \cdot 10^{-4} - \gamma_F)$
$\dfrac{352}{8 \cdot 10^5} = 5 \cdot 10^{-4} - \gamma_F \Rightarrow$
$\Rightarrow \gamma_F = (5 \cdot 10^{-4}) - (4{,}4 \cdot 10^{-4}) = 0{,}6 \cdot 10^{-4}$
Mas: $\gamma_F = 3\alpha_F \Rightarrow$
$\Rightarrow 6 \cdot 10^{-5} = 3 \cdot \alpha_F \Rightarrow$
$\Rightarrow \alpha_F = 2 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$

10. a) Variação de comprimento da barra de zinco:
$\Delta\ell_{Zn} = \ell_0 \cdot \alpha_{Zn} \cdot \Delta\theta = 500 \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot (400 - 300) = 1{,}5$ cm
Variação de comprimento da barra de ferro:
$\Delta\ell_{Fe} = \ell_0 \cdot \alpha_{Fe} \cdot \Delta\theta = 1.200 \cdot 1 \cdot 10^{-5} \cdot (400 - 300) = 1{,}2$ cm
Variação da distância entre as duas barras é dada pela diferença entre as dilatações: $\Delta d = 1{,}5 - 1{,}2 \therefore \Delta d = 0{,}3$ cm
b) Para que a distância do ponto *C* até o ponto *A* não varie, a parte da barra de zinco entre a extremidade parafusada até o ponto *C* deve sofrer dilatação igual à da barra de ferro.
$\Delta\ell_{Zn} = \Delta\ell_{Fe}$
$\ell_C \cdot \alpha_{Zn} \cdot \Delta\theta = \ell_A \cdot \alpha_{Fe} \cdot \Delta\theta$
$\ell_C \cdot 3 \cdot 10^{-5} = 12 \cdot 1 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \ell_C = 4$ m
Distância do ponto *C* até o ponto $A \Rightarrow d = 12 - 4 \therefore d = 8$ m

FR.16

1. c
Para que a válvula se abra, a pressão no interior do cilindro deve se igualar à pressão *p* no interior da bola. Considerando a lei geral dos gases para o ar dentro do cilindro, temos:
$$\frac{p_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{p \cdot V}{T}$$
Considerando a temperatura constante, temos $T_0 = T$.
$$p_0 \cdot A_{base}\, d_0 = p \cdot A_{base}\, \frac{2d_0}{3} \therefore p = \frac{3 \cdot p_0}{2}$$

2. a
Na posição inicial: $p = p_{atm} + p_{hidro} = 1 + 9 = 10$ atm
$n = 20.000$ mol
Na posição final:
$p = p_{atm} + p_{hidro} = 1 + 1 = 2{,}0$ atm
$n = ?$

Como não há alteração de temperatura e volume no interior do balão, pode-se afirmar que:
$$\frac{p \cdot V}{n \cdot T} = \frac{p_2 \cdot V}{n_2 \cdot T} \Rightarrow \frac{10}{20.000} = \frac{2}{n_2} \Rightarrow$$
$\Rightarrow n_2 = 4.000$ mol

Comparando esse número de mols de moléculas com o inicial, conclui-se que este representa 20%.

3. a) $\dfrac{p_A \cdot V_A}{T_A} = \dfrac{p_B \cdot V_B}{T_B}$
$$\frac{6 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{330} = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{T_B}$$
$T_B = 110\ K = 110 - 273 = -163\ °C$
b) Aplicando a primeira lei da termodinâmica para o processo $A \rightarrow B \rightarrow C$, temos: $\Delta U_{ABC} = Q_{ABC} - W_{ABC}$
Como *A* e *C* pertencem à mesma isoterma, temos $T_A = T_C$ e, consequentemente, $\Delta U_{ABC} = 0$.
Portanto:
$Q_{ABC} = W_{ABC}$
$Q_{AB} + Q_{BC} = W_{AB} + W_{BC}$ (I)
Calculando as áreas sob o diagrama $p \times V$ nas transformações $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow C$, temos:
$$W_{AB} = -\frac{(6 \cdot 10^5 + 4 \cdot 10^5) \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{2} = -500\ J$$
$$W_{BC} = +\frac{(4 \cdot 10^5 + 3 \cdot 10^5) \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{2} = +1.050\ J$$
Considerando que no processo $A \rightarrow B$ o gás perdeu 800 J de calor e substituindo os valores dos trabalhos da equação (I), temos:
$-800 + Q_{BC} = -500 + 1.050 \therefore Q_{BC} = 1.350$ J

4. c
Por definição, uma transformação adiabática é aquela que ocorre sem trocas de calor.

5. d
I. (V) O trabalho, em cada transformação, é equivalente à área sob a curva. Em (1) esta área é maior que em (2), logo: $W_1 > W_2$.
II. (F) Como $T_i = T_f$, para as duas transformações:
$\Delta U_1 = \Delta U_2$ e $W_1 > W_2$
Como: $W_1 + \Delta U_1 = Q_1$ e $W_2 + \Delta U_2 = Q_2 \Rightarrow Q_1 > Q_2$
III. (V) Como T_i e T_f são as mesmas para as duas transformações:
$\Delta U_1 = \Delta U_2$

6. a
a) (V) A energia de um elétron é quantizada, ou seja, assume apenas determinados valores discretos.
b) (F) A carga elétrica do elétron é uma constante universal e vale $q_e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.
c) (F) Cada átomo apresenta suas órbitas ocupadas pelos seus elétrons especificamente.
d) (F) O núcleo atômico é composto por prótons e nêutrons.
e) (F) O número de prótons é igual ao número de elétrons apenas nos átomos neutros e o número de nêutrons não necessariamente é igual ao número de prótons.

7. c
Considerando que o núcleo de polônio estava inicialmente em repouso e pela conservação da quantidade de movimento, temos:

$$m_\alpha \cdot v_\alpha = m_{Pb} \cdot v_{Pb} \Rightarrow \frac{v_{Pb}}{v_\alpha} = \frac{m_\alpha}{m_{Pb}}$$

$$\frac{v_{Pb}}{v_\alpha} = \frac{4}{200} \Rightarrow \frac{v_{Pb}}{v_\alpha} = \frac{1}{50}$$

A razão entre as energias cinéticas é:

$$\frac{E_{Pb}}{E_\alpha} = \frac{\frac{1}{2} m_{Pb} \cdot v_{Pb}^2}{\frac{1}{2} m_\alpha \cdot v_\alpha^2} = \frac{m_{Pb}}{m_\alpha} \cdot \left(\frac{v_{Pb}}{v_\alpha}\right)^2 = \frac{200}{4} \cdot \left(\frac{1}{50}\right)^2$$

$$\frac{E_{Pb}}{E_\alpha} = \frac{1}{50} \therefore E_{Pb} = \frac{E_\alpha}{50}$$

8. Pela primeira lei da termodinâmica, temos:
$Q_{AB} = \Delta U_{AB} + W_{AB}$
Sendo o processo *AB* isotérmico, $\Delta U_{AB} = 0$ e, portanto:
$Q_{AB} = W_{AB}$ (I)
Por sua vez, o trabalho total realizado durante um ciclo é dado por:
$W_{ciclo} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA}$
Sendo *BC* uma transformação isovolumétrica e considerando que:
$W_{ciclo} = 30$ J e $W_{CA} = -40$ J, temos:
$30 = W_{AB} + 0 + (-40) \Rightarrow W_{AB} = 70$ J
Substituindo em (I), temos:
$Q_{AB} = 70$ J

9. a
a) (V) A frequência da radiação deve ser suficiente para vencer a função trabalho.
b) (F) O efeito fotoelétrico não depende da intensidade da radiação, mas sim de sua frequência.
c) (F) Observe a reação de fissão:
$U^{235} + n \rightarrow Kr^{92} + Ba^{141} + 3n$
d) (F) Um processo radioativo provoca diminuição do número atômico.

10. c
Do enunciado, a equação de Einstein para energia: $E = m \cdot c^2$
$4{,}18 = m \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow m = \frac{4{,}18}{9 \cdot 10^{16}} \Rightarrow m \simeq 5 \cdot 10^{-17} \text{ kg}$$

Série avançada

FR.01

1. Soma = 31 (01 + 02 + 04 + 08 + 16)
(01) (V) $d_{AB} = 720 - 0 = 720$ km
(02) (V) $\Delta t_A = 16 - 4 = 12$ h
$\Delta t_P = 18 - 6 = 12$ h
(04) (V) $|v_m|_A = \frac{720}{12} = 60$ km/h
$|v_m|_P = \frac{720}{12} = 60$ km/h
(08) (V) Conforme o gráfico.
(16) (V) Conforme o gráfico.
(32) (F) Tempo de percurso: 12 h

2. a) Pelos dados fornecidos pelo problema, a velocidade escalar é positiva e, portanto, o movimento é progressivo. Também se pode notar que o módulo da velocidade diminui com o decorrer do tempo, e, assim, o movimento é retardado.
b) Considerando que o movimento é uniformemente variado, e que a velocidade do veículo ao se iniciar a passagem pelo sonorizador seja $v_0 = 34$ m/s, e que a velocidade dele ao terminar o trecho seja $v = 22$ m/s, em um intervalo de tempo de 6 s: $v = v_0 + a \cdot t \Rightarrow 22 = 34 + a \cdot 6 \Rightarrow a = -2$ m/s²
E ainda:
$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \Rightarrow 22^2 = 34^2 + 2 \cdot (-2) \cdot \Delta s \Rightarrow \Delta s = 168$ m

3. c
O deslocamento total sobre os arcos *AB* e *BC* é dado por:

Arco $AB \Rightarrow \frac{2\pi r}{2} = \pi r$

Arco $BC \Rightarrow \frac{2\pi R}{2} = \pi R$

$\Delta s = \pi r + \pi R = \pi(r + R)$
Para que o trenzinho atravesse completamente o trajeto *ABC*, o deslocamento total sobre o arco deve ser:
$\Delta s_T = \Delta s + \ell$, em que ℓ é o comprimento do trenzinho.
Como $2r + 2R = 2{,}80$ m, de acordo com a figura, temos:
$r + R = 1{,}40$ m
E, ainda, considerando $\pi \simeq 3{,}14$, temos:

$$v_m = \frac{\Delta s_T}{\Delta t} = \frac{\pi(1,40) + 0,6}{2,5} \Rightarrow v_m \simeq 2 \text{ m/s}$$

4. Por definição, um ano-luz é a distância percorrida pela luz durante um ano. Dessa maneira, pode-se estimar a distância do planeta Gama à Terra (1 ano $\simeq 3{,}2 \cdot 10^7$ s): $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

$$3 \cdot 10^8 = \frac{\Delta s}{(10 \cdot 3,2 \cdot 10^7)} \Rightarrow \Delta s = 9{,}6 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

Como a metade do percurso foi percorrida com aceleração escalar e constante de 15 m/s², calcula-se o tempo necessário para realizar esse trajeto:

$$\Delta s = v_0 \cdot t + \left(\frac{a}{2}\right) t^2$$

$$\frac{(9,6 \cdot 10^{16})}{2} = 0 \cdot t + \left(\frac{15}{2}\right) \cdot t^2 \Rightarrow$$

$\Rightarrow t = 8 \cdot 10^7$ s
De acordo com o enunciado, Billy percorreu todo o trajeto em quatro metades: duas com aceleração favorável e duas com aceleração contrária. Dessa maneira, o tempo total que ele demorou na viagem seria $4 \cdot t = 4 \cdot 8 \cdot 10^7 = 3{,}2 \cdot 10^8$ s = 120 meses.

FR.02

5. As equações horárias para o espaço angular de cada partícula são:
$\theta_A = 3\omega \cdot t$
$\theta_B = 2\omega \cdot t$
Para que elas passem pelo mesmo raio de referência pela primeira vez, é necessário que:
$\theta_A = \theta_B + 2\pi \Rightarrow 3\omega \cdot t = 2\omega \cdot t + 2\pi$
Então: $\omega \cdot t = 2\pi \Rightarrow t = \frac{2\pi}{\omega}$
Assim: para $t = \frac{2\pi}{\omega}$, $\theta_A = 6\pi$ (3 voltas completas) e $\theta_B = 4\pi$ (2 voltas completas).

6. Para fins de notação, o raio da roda maior será *R* e da roda menor será *r*.

Para a roda grande atingir o topo, será percorrida uma distância igual ao seu semiperímetro. Lembrando que a velocidade escalar pode se relacionar com a velocidade angular, tem-se que o tempo necessário para a roda maior atingir o topo será:

$$\Delta s = \frac{(2 \cdot \pi \cdot R)}{2} = \pi \cdot R$$

$$v = \omega \cdot R = \left(\frac{\pi}{300}\right) \cdot R = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\frac{\pi}{300} \cdot R = \frac{\pi \cdot R}{\Delta t}$$

$\Delta t = 300$ s

Já a roda pequena terá que atingir o topo da trajetória nesse mesmo tempo e percorrerá n voltas sobre seu perímetro, e, dessa maneira, o número n de voltas será dado por:

$\Delta s = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n$

$$v_p = \omega_p \cdot r = \left(\frac{\cancel{\pi}}{5}\right) \cdot \cancel{r} = 2 \cdot \cancel{\pi} \cdot \cancel{r} \cdot \frac{n}{\Delta t}$$

$$n = \frac{300}{5 \cdot 2}$$

$n = 30$ voltas

7. a) $v_y^2 = v_{0y}^2 + 2 \cdot g \cdot h \Rightarrow 0 = v_{0y}^2 - 2 \cdot 10 \cdot 1{,}25 \therefore v_{0y} = 5$ m/s

$v_y = v_{0y} + g \cdot t \Rightarrow 0 = 5 - 10 \cdot t \therefore t = 0{,}5$ s

b) Para $t = 0{,}5$ s, temos: $x = 3$ m

$$v_h = \frac{x}{t} = \frac{3}{0{,}5} \therefore v_h = 6 \text{ m/s}$$

c) Entre os dois instantes: $x = 4{,}04$ m

$$\Delta t = \frac{x}{v} \Rightarrow t_2 = \frac{4{,}04}{6} \Rightarrow t_2 = 0{,}67 \text{ s}$$

8. a) A trajetória, para fins de cálculo, pode ser dividida em duas partes:

Na subida:

$\Delta s_y = 0{,}3125$ m

$a = -g = -10$ m/s²

$v_y = 0$ m/s

I. $v_y^2 = v_{0y}^2 + 2a \cdot \Delta s_y$

$0 = v_{0y}^2 + 2 \cdot (-10) \cdot 0{,}3125$

$v_{0y} = 2{,}5$ m/s

II. $v_y = v_{0y} + at_s \rightarrow 0 = 2{,}5 - 10 \cdot t_s \rightarrow = 0{,}25$ s

Na descida:

$v_{0y} = 0$ m/s

$\Delta s_y = 1{,}25$ m

$a = g = 10$ m/s²

$$\Delta s_y = v_{0y} \cdot t_d + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$1{,}25 = 0 + \frac{10 \cdot t_d^2}{2} \rightarrow t_d = 0{,}5 \text{ s}$$

$\Delta t = t_s + t_d = 0{,}75$ s

b) $v_x = \dfrac{\Delta s}{\Delta t}$

Na horizontal, trata-se de um MU.

$$v_x = \frac{24}{0{,}75} = 32 \text{ m/s}$$

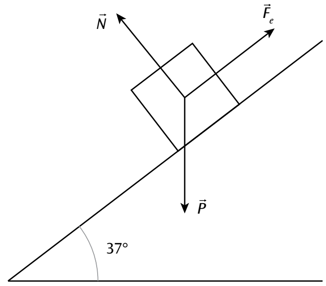
c) Na trajetória sem efeito: $y = y_o + \dfrac{v_{0y}}{v_x}x - \dfrac{g}{2v_x^2}x^2$

Na trajetória com efeito: $y = y_0 + \dfrac{v'_{0y}}{v'_x}x - \dfrac{4g}{2v'^2_x}x^2$

E, assim, para que a trajetória não se altere: $v'_x = 2v_x$ e portanto: $v'_x = 2 \cdot 32 = 64$ m/s

FR.03

9. V – F – V – F – V



$m = 8{,}0$ kg; $g = 10$ m/s²; $\mu_e = 0{,}50$; $\mu_d = 0{,}25$;

sen 37° = 0,60; cos 37° = 0,80

a) (V) $N = P \cdot \cos 37° = 8 \cdot 10 \cdot 0{,}80 \Rightarrow N = 64$ N

b) (F) $P_x = P \cdot \text{sen } 37° = 8 \cdot 10 \cdot 0{,}6 = 48$ N

$F_{a(e)} = \mu_e \cdot N = 0{,}50 \cdot 64 = 32$ N

Como $P_x > F_{a(e)}$, o corpo desce o plano em movimento acelerado.

c) (V) $F = P_x - F_{a(e)} = 48 - 32 \Rightarrow F = 16$ N

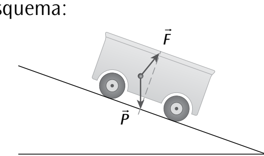
d) (F) $F = P_x + F_{a(d)}$

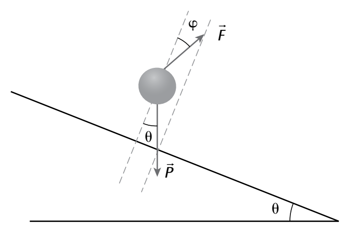
e) (V) $F_{a(d)} = \mu_d \cdot N = 0{,}25 \cdot 64 \Rightarrow F_{a(d)} = 16$ N

$F_R = F - (P_x + F_{a(d)}) \Rightarrow 8 \cdot 2 = F - (48 + 16) \Rightarrow$

$\Rightarrow F = 80$ N

10. Considere o esquema:





$P \cdot \cos \theta = F \cdot \cos \varphi$ (I)

$P \cdot \text{sen } \theta + F \cdot \text{sen } \varphi = m \cdot a$ (II)

De (I) vem: $\cos \varphi = \dfrac{P \cdot \cos \theta}{F}$

De (II) vem: $\text{sen } \varphi = \dfrac{m \cdot a - P \cdot \text{sen } \theta}{F}$

Sabemos que:

$1 = \cos^2 \varphi + \text{sen}^2 \varphi$

$$1 = \frac{P^2 \cdot \cos^2 \theta}{F^2} + \frac{m^2 \cdot a^2 - 2m \cdot a \cdot P \cdot \text{sen } \theta + P^2 \cdot \text{sen}^2 \theta}{F^2}$$

$F^2 = P^2 \cdot \cos^2 \theta + m^2 \cdot a^2 - 2m \cdot a \cdot P \cdot \text{sen } \theta + P^2 \cdot \text{sen}^2 \theta$

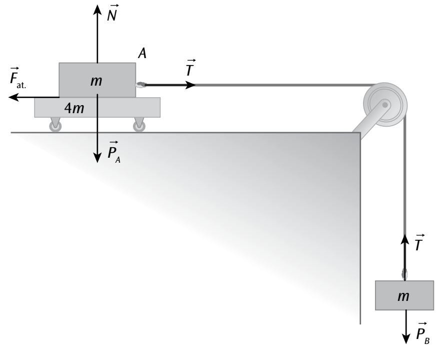
$(k \cdot \Delta L)^2 = m^2 \cdot g^2 \cdot \cos^2 \theta + m^2 \cdot a^2 - 2m \cdot a \cdot m \cdot g \cdot \text{sen } \theta + m^2 \cdot g^2 \cdot \text{sen}^2 \theta$

$k^2 \cdot \Delta\ell^2 = m^2 \cdot g^2 (\cos^2 \theta + \text{sen}^2 \theta) + m^2 \cdot a^2 - 2 \cdot m^2 \cdot a \cdot g \cdot \text{sen } \theta$

$$\Delta\ell^2 = \frac{m^2 \cdot g^2 + m^2 \cdot a^2 - 2m^2 \cdot a \cdot g \cdot \text{sen } \theta}{k^2}$$

$$\Delta\ell = \frac{m}{k} \cdot \sqrt{g^2 + a^2 - 2a \cdot g \cdot \text{sen } \theta}$$

11. Diagrama de forças



a) A única força que faz com que o carrinho entre em movimento é a força de atrito:

$F_R = m \cdot a$

$F_{at.} = 4m \cdot a$

$0{,}2m \cdot 10 = 4m \cdot a$

$a = 0{,}5\ m/s^2$

b) No bloco B:

$P_B - T = m \cdot a \Rightarrow m \cdot 10 - T = m \cdot a$

No bloco A:

$T - F_{at.} = m \cdot a$

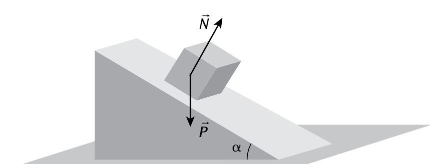
$T - 0{,}2m \cdot 10 = m \cdot a$

$m(10 - a) - 2 \cdot m = m \cdot a$

$8 - a = a$

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

12. a)



Na vertical, temos:

$N \cdot \cos\alpha = P$

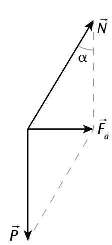
$N = \dfrac{m \cdot g}{\cos\alpha}$ (I)

Na horizontal, temos:

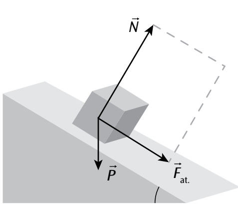
$N \cdot \text{sen}\ \alpha = F_{cent.}$

Substituindo (I) em (II):

$\dfrac{m \cdot g}{\cos\alpha} \cdot \text{sen}\ \alpha = \dfrac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow \text{tg}\ \alpha = \dfrac{v^2}{g \cdot R}$



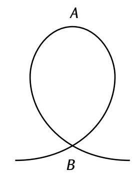
b)



FR.04

13. d

Como os *loops* 1 e 2 possuem raios menores que o *loop* 3, se a partícula possuir velocidade suficiente para completar o terceiro, completará também os anteriores. A velocidade mínima no topo do *loop* (A) ocorre quando a normal tende a zero.



Assim:

$F_c = N + P = P \Rightarrow \dfrac{m \cdot v_A^2}{3R} = m \cdot g \Rightarrow v_A^2 = 3R \cdot g$ (I)

Por outro lado, a energia mecânica nos pontos mais baixos (B) e mais alto (A) do *loop* são iguais:

$$\frac{\cancel{m} \cdot v_A^2}{2} + \cancel{m} \cdot g \cdot (6R) = \frac{\cancel{m} \cdot v_B^2}{2} \Rightarrow v_A^2 + 12R \cdot g = v_B^2$$

Substituindo (I), vem:

$$3R \cdot g + 12R \cdot g = v_B^2 \Rightarrow v_B = \sqrt{15R \cdot g} = (15R \cdot g)^{\frac{1}{2}}$$

14. a) A potência hidráulica disponível na queda-d'água é dada por:

$$\mathcal{P}_T = \frac{\mathcal{T}}{\Delta t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{\Delta t}$$

Considerando um $\Delta t = 1$ s, o volume de água que cai a altura $h = 9$ m é 400 m³, portanto a massa de água que cai é $m = 400.000$ kg ($d_{água} = 1.000$ kg/m³).

Logo: $\mathcal{P}_T = 4.10^5 \cdot 10 \cdot \dfrac{9}{1} = 36 \cdot 10^6$ W

Como a eficiência da usina é de 90%, a potência elétrica gerada será de: $\mathcal{P} = 0{,}9 \cdot 36 \cdot 10^6 = 32{,}4 \cdot 10^6$ W

b) Em um mês (30 dias = 30 · 24 h), a energia elétrica gerada pela usina é dada por:

$E = \mathcal{P} \cdot \Delta t = 32{,}4 \cdot 10^6 \cdot 30 \cdot 24 = 23.328 \cdot 10^6$ Wh $\Rightarrow$

$\Rightarrow E = 23.328 \cdot 10^3$ kWh

Com um consumo *per capita* de 360 kWh mês, por regra de três:

n ——— $23.328 \cdot 10^3$ kWh

1 habitante ——— 360 kWh

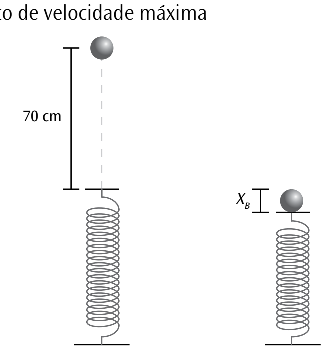
$n = \dfrac{23.238 \cdot 10^3}{360} \Rightarrow n = 64.800$ habitantes

15. b

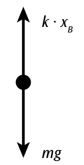
Representando duas posições da esfera:

A: no ponto P

B: no ponto de velocidade máxima



O corpo terá velocidade máxima quando a resultante de forças sobre ele for nula.
Isolando o corpo:



Assim: $kx_B = mg$; $2 \cdot 10^2 \cdot x_B = 4 \cdot 10$; $x_B = 0{,}2$ m
Como não há perdas:
$E_{M,A} = E_{M,B} \Rightarrow E_{C,A} + E_{PG,A} + E_{PEl,A} = E_{C,B} + E_{PG,B} + E_{PEl,B}$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} \cdot kx_A^2 = \frac{1}{2} \cdot mv_B^2 + m \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} \cdot kx_B^2$$

Tem-se que: $v_A = 0$, $x_A = 0$
Tomando-se a posição da esfera na situação B como nível de referência para a energia potencial gravitacional:
$h_B = 0$ e $h_A = 0{,}7 + 0{,}2 = 0{,}9$ m

$$4 \cdot 10 \cdot 0{,}9 = \frac{\left(a \cdot v_B^2\right)}{2} + \frac{(2 \cdot 10^2 \cdot 0{,}2^2)}{2}$$

Logo: $36 = 2 \cdot v_B^2 + 4 \Rightarrow v_B^2 = 16$; $v_B = 4$ m/s

16. a) De acordo com o enunciado da questão, na posição $x = 0$ m, o corpo possui velocidade nula e, portanto, força de atrito cinético também nula. Já quando $x = 100$ m, a partícula se encontra em movimento uniforme, e dessa maneira, como somente atuam no corpo a força peso e a força de atrito cinético, para ser gerado um MU, tem-se que a resultante de forças seja nula e assim: $P = F_{at.}$. Com isso, $F_{at.} = 10$ N.

b) Para $x = 0$ m, somente atua a força peso sobre ele e, assim, $F_R = 10$ N. Conforme já dito, para estar em movimento uniforme, a resultante de forças em $x = 100$ m tem que ser nula.

c) Para $x = 0$ m: como o corpo está em repouso, sua energia cinética é nula; sua energia potencial é máxima: $E_p = 1 \cdot 10 \cdot 100 = 1.000$ J
Para $x = 100$ m: a energia cinética: $E_c = 0{,}5 \cdot 1 \cdot 30^2 = 450$ J; sua energia potencial é nula, por ter sido adotada como nível de referência a altura 100 m.

d) $\Delta E_m = E_{mf} - E_{mi} = 450 - 1.000 = -550$ J

FR.05

17. a

- Massa de água escoada:
$m = 0{,}5$ L/s $\cdot$ 10 s $\cdot$ 1 kg/L $\Rightarrow m = 5$ kg
- Na horizontal: $Q_{inic.} = Q_{final} \Rightarrow M \cdot v = (M - m) \cdot v' + m \cdot ve \Rightarrow$

$$\Rightarrow 30 \cdot \frac{36}{3{,}6} = (30 - 5) \cdot v' + 0 \Rightarrow 300 = 25 \cdot v' \Rightarrow v' = 12 \text{ m/s}$$

Portanto, a aceleração escalar média vale:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{12 - 10}{10} \Rightarrow a = 0{,}20 \text{ m/s}^2$$

18. d
A energia do sistema pêndulo + projétil se conserva após a colisão. Adotando a posição mais baixa do pêndulo como referência para a energia potencial, vem:

$$\frac{(m + M) \cdot v_f^2}{2} = (m + M) \cdot g \cdot h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_f^2 = 2g \cdot h = 2 \cdot 10 \cdot 0{,}8 = 16$$

$v_f = 4$ m/s
Pela conservação da quantidade de movimento (antes e após a colisão):
$Q_{(antes)} = Q_{(após)}$
$mv = (m + M) \cdot v_f \Rightarrow$

$$\Rightarrow v = \frac{(m + M)}{m} \cdot v_f = \frac{1{,}01}{0{,}01} \cdot 4 = 404 \text{ m/s}$$

19. a) Conservação de energia mecânica na esfera B:

$$\frac{1}{2} \cdot \cancel{m_B} \cdot v_B^2 = \cancel{m_B} \cdot g \cdot h \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0{,}2} \Rightarrow v_B = 2 \text{ m/s}$$

b) Conservação da quantidade de movimento do sistema:
$m_A \cdot v_A = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v_B \Rightarrow$
$\Rightarrow 2 \cdot 4 = 2 \cdot v'_A + 5 \cdot 2 \Rightarrow v'_A = -1$ m/s
Portanto: $v'_A = -1$ m/s, horizontal para a esquerda.

20. a) Sabendo-se que as duas bolas saem em direções que formam um ângulo de 90°, a bola A só terá componente de velocidade horizontal (v_{AX}) e a bola B só apresentará componente de velocidade vertical (v_{BY}); como as massas são iguais e da conservação da quantidade de movimento, podemos concluir que:
$v_{AX} = v_A \cdot \operatorname{sen} \alpha = 2 \cdot 0{,}80 = 1{,}6$ m/s
$v_{BY} = v_A \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 0{,}60 = 1{,}2$ m/s

b) Antes: $E_C = \dfrac{m \cdot v^2}{2}$

Após: $E_C = \dfrac{m \cdot v_1^2}{2} + \dfrac{m \cdot v_2^2}{2} = \dfrac{m}{2}\left(v_1^2 + v_2^2\right)$

Mas $v_1^2 + v_2^2 = v^2$, portanto: $E_{C(antes)} = E_{C(depois)}$
Dessa maneira, a variação total de energia cinética foi nula, sendo a energia conservada.

FR.06

21. $F_g = F_c$

$$\frac{G \cdot m \cdot M}{R^2} = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow \frac{G \cdot M}{R} = v^2$$

Sendo $v = \dfrac{2\pi R}{T}$, vem:

$$\frac{G \cdot M}{R} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^2}{T^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T^2 = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^3}{G \cdot M}, \text{ sendo } k = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M} \text{ (constante)}$$

$T^2 = k \cdot R^3$

22. Soma = 92 (04 + 08 + 16 + 64)
(01) (F) Na Lua não existe atmosfera como na Terra.
(02) (F) Apesar de a gravidade ser menor que a da Terra, ela existe.
(04) (V) Não existe ar (ou correntes de ar) na Lua.
(08) (V) Com a gravidade menor, o tempo de permanência acima do solo seria maior.
(16) (V) Não seria possível por causa da ausência das forças de resistência do ar.
(32) (F) Não existe atmosfera para que a luz sofra desvio e apresente cores.
(64) (V) A inexistência de ar não permitiria o uso de canudinhos.

23. Como 10 h = $3{,}6 \cdot 10^4$ s, pode-se determinar a velocidade angular:

$$\omega = 2 \cdot \frac{\pi}{2} = 2 \cdot \frac{\pi}{(3{,}6 \cdot 10^4)}$$

Para a condição de satélite síncrono, a força centrípeta tem que ser igual à força gravitacional:

$F_{CP} = F_G \Rightarrow$

$\Rightarrow m \cdot \omega^2 \cdot R = G \cdot m \cdot \dfrac{M}{R^2} \Rightarrow R^3 = \dfrac{G \cdot M}{\omega^2}$

$$R^3 = \frac{6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 1,9 \cdot 10^{27}}{\dfrac{4\pi^2}{(3,6 \cdot 10^4)^2}} = 4,18 \cdot 10^{24} \Rightarrow$$

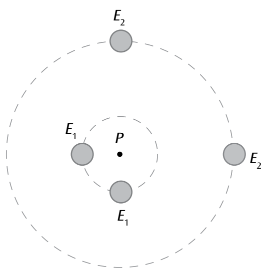
$\Rightarrow R = 16,1 \cdot 10^7\ \text{m}$

Porém, $R = R_J + H \Rightarrow$

$\Rightarrow H = 16,1 \cdot 10^7 - 7 \cdot 10^7 = 9,1 \cdot 10^7\ \text{m}$

24. a) Após 15 dias cada estrela terá percorrido 1 volta + $\dfrac{1}{4}$ de volta;

E_1 no sentido horário e E_2 no sentido anti-horário:



b) Para $E_1 \Rightarrow v_1 = 2 \cdot \pi \cdot R_1$

Para $E_2 \Rightarrow v_2 = 2 \cdot \pi \cdot R_2$

$\dfrac{v_2}{v_1} = \dfrac{R_2}{R_1}$; mas $R_2 = 3 \cdot R_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow \dfrac{v_2}{v_1} = \dfrac{3 \cdot R_2}{R_1} \Rightarrow \dfrac{v_2}{v_1} = 3 \Rightarrow R = 3$

c) A força de atração gravitacional entre E_1 e E_2 é dada por:

$F = G \cdot \dfrac{M_1 \cdot M_2}{D^2}$

Em E_2 esta força é a resultante centrípeta, logo:

$F = M_2 \cdot a_{C2} = M_2 \cdot (\omega_2)^2 \cdot R_2 =$

$= M_2 \cdot R_2 \cdot \left(\dfrac{2 \cdot \pi}{T}\right) = \dfrac{M_2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot R_2}{T^2}$. Portanto:

$G \cdot \dfrac{M_1 \cdot M_2}{D^2} = \dfrac{M_2 \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot R_2}{T^2} \Rightarrow G \cdot \dfrac{M_1}{D^2} = \dfrac{4 \cdot \pi^2 \cdot R_2}{T^2}$ (equação 1)

Mas: $R_2 = 3 \cdot R_1$ e $R_1 + R_2 = D$; logo: $R_2 = 3 \cdot \dfrac{D}{4}$ (equação 2)

Substituindo-se (2) em (1) $\Rightarrow \dfrac{G \cdot M_1}{D^2} = \dfrac{4\pi^2 \cdot 3D}{T^2 \cdot 4} \Rightarrow$

$\Rightarrow G \cdot M_1 = 3 \cdot \pi^2 \cdot \dfrac{D^3}{T^2} \Rightarrow M_1 = \dfrac{3\pi^2 \cdot D^3}{G \cdot T^2}$

FR.07

25. d

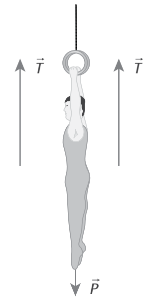
$Q_{(\text{angular})} = Q_{(\text{linear})} \cdot r$

$[Q_{(\text{angular})}] = [Q_{(\text{linear})}] \cdot [r]$

$[Q_{(\text{angular})}] = M \cdot L \cdot T^{-1} \cdot L$

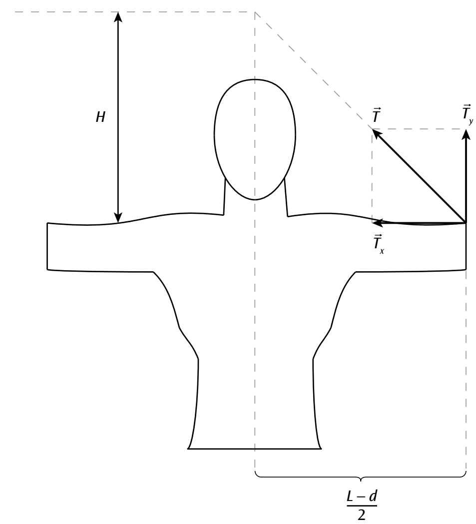
$[Q_{(\text{angular})}] = L^2 \cdot M \cdot T^{-1}$

26. a) Na situação de equilíbrio, temos:



$2T = P \Rightarrow T = \dfrac{m \cdot g}{2} \Rightarrow T = 300\ \text{N}$

b)

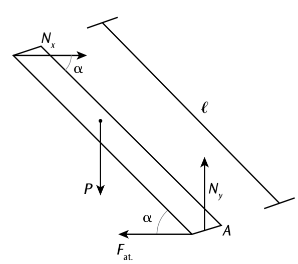


Na vertical, temos: $2T'_y = P \Rightarrow T'_y = 300\ \text{N}$

Utilizando semelhança de triângulos:

$\dfrac{T'_y}{H} = \dfrac{T'_x}{\dfrac{L-d}{2}} \Rightarrow \dfrac{300}{3} = \dfrac{T'_x}{0,5} \Rightarrow t'_x = 50\ \text{N}$

27. a)



b) O menor ângulo α na condição descrita é aquele em que a barra está na iminência de escorregamento, então a força de atrito estático é máxima dada por: $f_{at.} = \mu \cdot N_y$

Como: $N_y = P$ (equilíbrio de forças na vertical)

e $N_x = f_{at.}$(equilíbrio de forças na horizontal), então:

$N_x = \mu \cdot N_{y.} = \mu \cdot P$

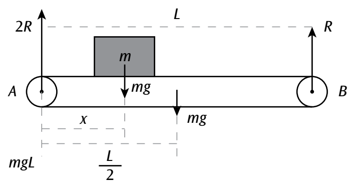
E ainda da condição de equilíbrio da rotação, em relação ao ponto A:

$N_x \cdot L \cdot \text{sen}\ \alpha = P \cdot \dfrac{L}{2} \cdot \cos\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow \mu \cdot P \cdot \text{sen}\ \alpha = P \cdot \dfrac{\cos\alpha}{2} \Rightarrow \text{tg}\ \alpha = \dfrac{1}{2\mu}$

28. a) No equilíbrio de translação:

$$2R + R = 2m \cdot g \rightarrow R = \frac{2}{3}\, m \cdot g;\ 2R = \frac{4}{3}\, m \cdot g$$



b) No equilíbrio de rotação, tem-se que:

$$m \cdot g \cdot x + m \cdot g \cdot \left(\frac{L}{2}\right) = R \cdot L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m \cdot g \cdot x + m \cdot g \cdot \frac{L}{2} = \frac{2}{3}\, m \cdot g \cdot L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x + \frac{L}{2} = \frac{2L}{3} \Rightarrow x = \frac{L}{6}$$

FR.08

29. a

$$\mu_1 = \frac{m_1}{\frac{V}{2}} \Rightarrow 0{,}7 = \frac{2m_1}{V} \Rightarrow m_1 = \frac{0{,}7 \cdot V}{2}$$

$$\mu_2 = \frac{m_2}{\frac{V}{2}} \Rightarrow 1{,}1 = \frac{2m_2}{V} \Rightarrow m_2 = \frac{1{,}1 \cdot V}{2}$$

A densidade do conjunto é dada por:

$$\mu = \frac{m_1 + m_2}{\frac{V}{2} + \frac{V}{2}} = \frac{\frac{0{,}7V}{2} + \frac{1{,}1V}{2}}{V} \Rightarrow \mu = \frac{1{,}8}{2} = 0{,}9\ \text{g/cm}^3$$

Como $\mu < \mu_2 \Rightarrow$ subida da esfera

Como $\mu_2 > \mu_1 \Rightarrow$ tendência em rotacionar para o sentido horário

30. a) De acordo com o gráfico, até o nível de 40 cm de água, o corpo permanecia fora da água e, portanto, a indicação do medidor é exatamente o seu peso $\Rightarrow P = 300$ N

b) Após o nível de água atingir 80 cm novamente, a leitura do medidor se mantém constante. Sendo assim, a altura do cilindro corresponde a 40 cm (durante a variação da leitura).

c) $E + T = P$

$E = P - T \Rightarrow E = 300 - 100 = 200$ N

31. d

$$\frac{a_2}{a_1} = 5$$

Igualando os momentos da força $\vec{F}$ e de força $\vec{F}$' realizadas sobre o êmbolo menor, temos:

$10 \cdot 0{,}2 = F' \cdot 0{,}1 \Rightarrow F' = 20$ N

$$\text{Assim: } \frac{F'}{a_1} = \frac{F}{a_2} \Rightarrow \frac{a_2}{a_1} = \frac{F}{F'} \Rightarrow 5 = \frac{F}{20} \Rightarrow F = 100\ \text{N}$$

32. O volume ocupado pela esfera irá mover um volume igual de água. Dessa maneira, o volume de água irá aumentar de $5 \cdot 10^{-5}$ m³. Como a área da base do recipiente é de $2 \cdot 10^{-3}$ m², pode-se determinar a variação de altura que a água sofreu:

$V = A_b \cdot H \Rightarrow 5 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot H \Rightarrow H = 0{,}025$ m $= 2{,}5$ cm

Agora, a variação de pressão é dada por:

$\Delta p = d \cdot g \cdot H = 1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0{,}025 = 250$ Pa

FR.09

33. O peso da bolinha é vertical para baixo e tem intensidade:

$P = m \cdot g = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \Rightarrow P = 0{,}1$ N

Sendo a carga da bolinha negativa, ela sofre uma força elétrica para cima (sentido oposto do campo elétrico) de intensidade:

$F_e = |q| \cdot E = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 10^4 \Rightarrow F_e = 0{,}07$ N

Aplicando a segunda lei de Newton: $F_R = m \cdot a$

$0{,}1 - 0{,}07 = 10 \cdot 10^3 \cdot a$

$$a = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{10 \cdot 10^{-3}} = 3\ \text{m/s}^2 \text{ (vertical para baixo)}$$

Aplicando a função do espaço do MUV, temos:

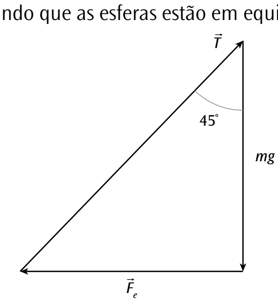
$$\Delta s = v_0 \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

Como a partícula retorna para a posição inicial, temos $\Delta s = 0$. Considerando a orientação da trajetória para cima, temos:

$$0 = 6 \cdot t + \frac{-3}{2} \cdot t^2 \Rightarrow t^2 - 4t = 0 \therefore t = 0 \text{ ou } t = 4\ \text{s}$$

34. a) $v = \dfrac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = \dfrac{1{,}5 \cdot 10^{11}}{\Delta t} \therefore \Delta t = 500$ s

b) Considerando que as esferas estão em equilíbrio, temos:



$$\frac{F_e}{m \cdot g} = \text{tg } 45° = 1 \Rightarrow F_e = m \cdot g$$

$$\frac{k \cdot q^2}{d^2} = m \cdot g \Rightarrow \frac{9 \cdot 10^9 \cdot q^2}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 10$$

$$q = \sqrt{4 \cdot 10^{-18}} \therefore q = 2 \cdot 10^{-9}\ \text{C}$$

35. a) Por simetria, o campo é nulo (formação de triângulos equiláteros). O potencial será $V = 3 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot \dfrac{Q}{d}$, em que $d = L \cdot \dfrac{\sqrt{3}}{3} = 0{,}58$ m

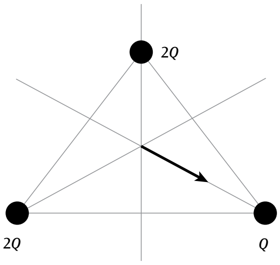
$$\text{Assim, } V = \frac{3 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-9}}{0{,}58} = 47\ \text{V}$$

b) Neste caso, o campo total corresponde à soma do campo gerado por 3 cargas $+2Q$ (gerando campo nulo no centro) onde superpomos uma carga $-Q$ sobre um dos vértices.

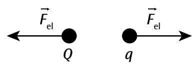
O módulo deste arranjo será:

$$E = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1 \cdot 10^{-9}}{(0{,}58)^2} = 27\ \text{N/C}$$

Um dos três possíveis arranjos é mostrado na figura a seguir.



36. a) $F = \dfrac{k_0 \cdot |q| \cdot |Q|}{d^2} \rightarrow |F| = \dfrac{k_0 \cdot q \cdot Q}{d^2}$



Trata-se de uma repulsão.

b) $\Delta E_p = E_{p(A)} - E_{p(B)}$

$$\Delta E_p = -\dfrac{k_0 \cdot Q \cdot q}{d} + \dfrac{k_0 \cdot Q \cdot q}{4d} = \dfrac{-4k_0 \cdot Q \cdot q + k_0 \cdot Q \cdot q}{4d} =$$

$$= -\dfrac{3k_0 \cdot Q \cdot q}{4d}$$

c) Por definição, o trabalho da força elétrica é dado pela diferença entre a energia potencial inicial e a energia potencial final.

$$\mathcal{T} = \Delta E_p \Rightarrow \mathcal{T} = \dfrac{3k_0 \cdot Q \cdot q}{4d}$$

d) Pelo teorema da energia cinética (TEC):

$$\mathcal{T} = \Delta E_c \rightarrow \dfrac{3k_0 \cdot Q \cdot q}{4d} = \dfrac{m \cdot v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\dfrac{3k_0 \cdot Q \cdot q}{2m \cdot d}}$$

FR.10

37. d

Chave C aberta: dois resistores iguais em série $\Rightarrow R_{eq.} = R$

$$\mathcal{P}_1 = \dfrac{U^2}{R_{eq.}} = \dfrac{U^2}{R}$$

Chave C fechada: o resistor da esquerda fica em curto-circuito $\Rightarrow$

$$\Rightarrow R_{eq.} = \dfrac{R}{2}$$

$$\mathcal{P}_2 = \dfrac{U^2}{R_{eq.}} = \dfrac{2U^2}{R}$$

Logo: $\mathcal{P}_2 = 2\mathcal{P}_1$

Por outro lado: $\mathcal{P} = \dfrac{Q}{\Delta t} = \dfrac{m \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta t} = v_a \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta T = \dfrac{\mathcal{P}}{V_a \cdot c}$ (em que V_a é a vazão)

Como V_a e c são constantes, nota-se que Δt é diretamente proporcional a $\mathcal{P}$.

Portanto:

$\Delta t_2 = 2\Delta t_1$, pois $\mathcal{P}_2 = 2\mathcal{P}_1$

$\Delta t_2 = 2 \cdot 10 = 20$ °C

38. a) Sendo $f = 0$ Hz, o fio tem comportamento puramente ôhmico. Aplicando a 2ª lei de Ohm, temos:

$$R = \dfrac{\rho \cdot L}{A}$$

$$1{,}5 = \dfrac{64{,}8 \cdot 10^{-8} L}{1{,}296 \cdot 10^{-8}} \Rightarrow L = 0{,}03 \text{ m} = 3 \text{ cm}$$

b) Pelo gráfico da figura 1, temos que, para $R \simeq 4\Omega$ e $f = 8$ MHz, o campo magnético é $H = 35$ Oe. Para esse valor, no gráfico 2 temos $\mu_r = 1.000$.

Substituindo na equação fornecida no enunciado, temos:

$$\delta = \sqrt{\dfrac{\rho}{\mu_r \cdot f}}$$

$$\delta = 500 \cdot \sqrt{\dfrac{64{,}8 \cdot 10^{-8}}{1.000 \cdot 8 \cdot 10^{6}}} = 500 \cdot \sqrt{81 \cdot 10^{-18}}$$

$$\delta = 500 \cdot 9 \cdot 10^{-9} \Rightarrow \delta = 4{,}5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

39. a) A energia elétrica gasta pelo chuveiro na posição II será:

$$E_{II} = \mathcal{P}_{II} \cdot \Delta t = 4.400 \cdot \dfrac{1}{3} \cdot 30 = 44 \text{ kWh}$$

A potência do chuveiro na posição I é dada por:

$$\mathcal{P}_I = \dfrac{U^2}{R_1} = \dfrac{220^2}{20} = 2.420 \text{ W}$$

A energia elétrica gasta pelo mesmo chuveiro na posição I:

$$E_I = \mathcal{P}_I \cdot \Delta t = 2.420 \cdot \dfrac{1}{3} \cdot 30 = 24{,}2 \text{ kWh}$$

Assim, a economia de energia será:

$\Delta E = E_{II} - E_I = 44 - 24{,}2 = 19{,}8$ kWh

b) Como todo o calor pode ser transmitido para o aquecimento da água:

$\mathcal{P}_I \cdot \Delta t = m_I \cdot c \cdot \Delta T$

$\mathcal{P}_{II} \cdot \Delta t = m_{II} \cdot c \cdot \Delta T$

Dessa forma, $\dfrac{\mathcal{P}_I}{\mathcal{P}_{II}} = \dfrac{m_I}{m_{II}} \Rightarrow \dfrac{2.420}{4.400} = \dfrac{48}{m_{II}} \Rightarrow m_{II} = 87{,}3$ L

Como a densidade da água é 1 kg/L, o volume de água é numericamente igual à massa.

A diferença será de: $\Delta V = V_{II} - V_I = 87{,}3 - 48 = 39{,}3$ L

40. Pelo gráfico, quando os resistores estão ligados em série e a associação é submetida a uma tensão de 48 V, a corrente que circula é de 3 A.

$U = R_s \cdot i \Rightarrow 48 = (R_1 + R_2)^3 \Rightarrow R_1 + R_2 = 16$ (I)

Pelo gráfico, quando os resistores estão ligados em paralelo e a associação é submetida a uma tensão de 9 V, a corrente que circula é de 3 A.

$$U = R_p \cdot i \Rightarrow 9 = \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot 3 \Rightarrow \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 3 \qquad \text{(II)}$$

Combinando (I) e (II), temos:

$$\dfrac{R_1(16 - R_1)}{16} = 3 \Rightarrow R_1^2 - 16R_1 + 48 = 0$$

Resolvendo a equação do 2º grau, temos $R_1 = 4\ \Omega$ ou $R_1 = 12\ \Omega$ e, portanto, $R_2 = 12\ \Omega$ ou $R_2 = 4\ \Omega$.

No circuito indicado na figura, a associação em série de R_1 e R_2 tem resistência equivalente $R_s = 16\ \Omega$ e a associação em paralelo tem resistência equivalente $R_p = 3\ \Omega$.

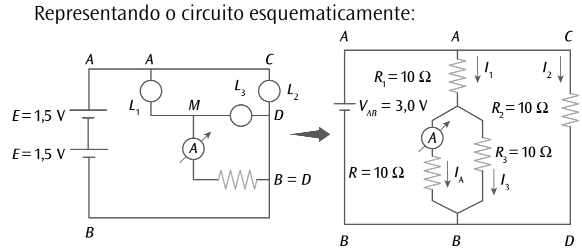
Como R_s e R_p estão sem série entre si, a resistência equivalente da associação é:

$R_{eq.} = R_s + R_p = 16 + 3 \therefore R_{eq.} = 19\ \Omega$

FR.11

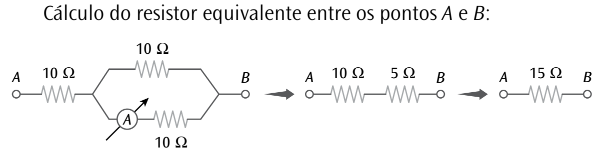
41. a

Representando o circuito esquematicamente:



$U_{AB} = E + E = 1{,}5 + 1{,}5 = 3$ V

Cálculo do resistor equivalente entre os pontos A e B:

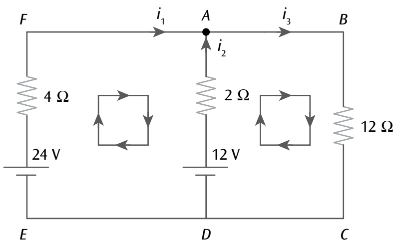


Portanto:

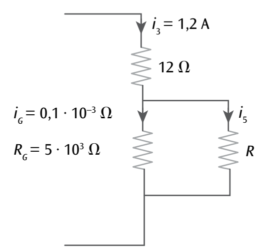
$$i_1 = \frac{U_{AB}}{R_{eq.}} = \frac{3}{15} = 0{,}2 \text{ A}$$

No resistor R_1: $U_1 = R_1 \cdot i_1 = 10 \cdot 0{,}2 = 2$ V
No resistor R_3: $U_3 = R_3 \cdot i_3 \Rightarrow$
$\Rightarrow 1 = 10 \cdot i_3 \Rightarrow i_3 = 0{,}1$ A
(corrente no amperímetro)

42. Considere o esquema a seguir:

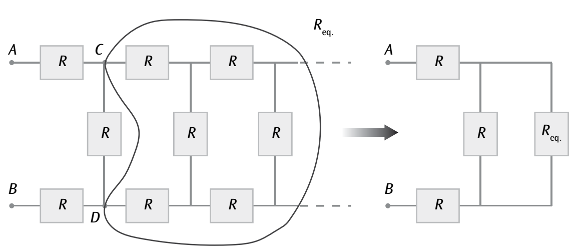


Pelas leis de Kirchhoff:
No nó A: $i_1 + i_2 = i_3$ (1)
Malha $ADEF$: $-2i_2 + 12 - 24 + 4i_1 = 0$ (2)
Malha $ABCD$: $12i_3 - 12 + 2i_2 = 0$ (3)
Resolvendo o sistema formado por (1), (2) e (3), vem: $i_3 = 1{,}2$ A
Inserindo-se o galvanômetro com o resistor R em paralelo e considerando que a associação seja percorrida por 1,2 A, temos:



Assim:
$i_3 = i_G + i_5$
$1{,}2 = 0{,}1 \cdot 10^{-3} + i_5$
$i_5 = 1{,}1999$ A
Como R_G e R estão em paralelo:
$U_R = U_G$
$R \cdot i_5 = R_G \cdot i_G$
$R \cdot 1{,}1999 = 5 \cdot 10^3 \cdot 0{,}1 \cdot 10^{-3}$
$R \simeq 0{,}42\ \Omega$

43. e
Observe a figura a seguir e note que, a partir dos pontos C e D, a parte destacada corresponde a uma repetição de todo o circuito, cuja resistência equivalente se deseja determinar.



Portanto, temos um R e $R_{eq.}$ em paralelo e esse conjunto em série com dois resistores R cada um.

$$R_{eq.} = 2R + \frac{R \cdot R_{eq.}}{R + R_{eq.}}$$

$R_{eq.} \cdot (R + R_{eq.}) = 2R \cdot (R + R_{eq.}) + R \cdot R_{eq.}$
$R_{eq.}^2 + RR_{eq.} = 2R^2 + 2RR_{eq.} + RR_{eq.}$
$R_{eq.}^2 - 2R \cdot R_{eq.} - 2R^2 = 0$
Resolvendo a equação de 2º grau em $R_{eq.}$, temos que a única raiz positiva é: $R_{eq.} = R \cdot (1 + \sqrt{3})$

44. a) Pelo gráfico fornecido, quando a tensão na lâmpada é 2,5 V, a corrente que a atravessa é de 0,04 A. Como a lâmpada está em série com o resistor, eles são percorridos pela mesma corrente elétrica e, portanto, temos:
$i_R = i_L \therefore i_R = 0{,}04$ A

b) A tensão total de 4,5 V divide-se entre a lâmpada e o resistor.
$U_T = U_L + U_R$
$4{,}5 = 2{,}5 + U_R \Rightarrow U_R = 2{,}0$ V
Aplicando a lei de Ohm para o resistor, temos:

$$R = \frac{U_R}{i_R} = \frac{2}{0{,}04} \therefore R = 50\ \Omega$$

c) Corrente fornecida pela bateria.
$\mathcal{P} = i \cdot U$

$$60 \cdot 10^{-3} = i \cdot 3 \Rightarrow i = \frac{0{,}06}{3} \therefore i = 0{,}02 \text{ A}$$

Potência no resistor
$\mathcal{P}_R = R \cdot i^2 = 50 \cdot 0{,}02^2 \therefore \mathcal{P}_R = 0{,}02 \text{ W} = 20 \text{ mW}$

FR.12

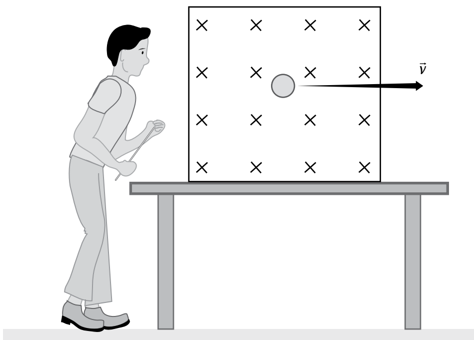
45. e
Para que a velocidade da barra fique constante, a resultante sobre ela deve ser nula.
Na direção do movimento: $F_M = P_t \Rightarrow B \cdot i \cdot \ell = m \cdot g \cdot \text{sen } 30°$
$B \cdot i \cdot \ell = 5 \cdot 10 \cdot 0{,}5 \Rightarrow B \cdot i = 25$ (I)
Por outro lado:
$\varepsilon = B \cdot \ell \cdot v$
$R \cdot i = B \cdot \ell \cdot v$
$2 \cdot i = B \cdot \ell \cdot 2 \Rightarrow i = B$ (II)
De (I) e (II), vem:
$B \cdot B = 25 \Rightarrow$
$\Rightarrow B^2 = 25 \Rightarrow B = 5$ T

46. c
O campo magnético no centro de uma espira condutora circular percorrida por uma corrente elétrica de intensidade I é inversamente proporcional ao raio r da espira.

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2r}$$

Considere que campos magnéticos gerados pelas espiras A (mais externa), B (intermediária) e C (mais interna) tenham intensidades $B_A = B$, $B_B = 2B$ e $B_C = 3B$. Nesse caso teremos, considerando o sentido apontando para fora da página como positivo, as intensidades dos campos magnéticos no centro das figuras (1), (2), (3) e (4) serão:
$B_1 = |B_A + B_B - B_C| = |B + 2B - 3B| = 0$
$B_2 = |B_A + B_B + B_C| = |B + 2B + 3B| = 6B$
$B_3 = |-B_A + B_B + B_C| = |-B + 2B + 3B| = 4B$
$B_4 = |B_A - B_B + B_C| = |B - 2B + 3B| = 2B$
Portanto, temos $B_2 > B_3 > B_4 > B_1$.

47. a) Aplicando-se a regra da mão esquerda e impondo que a força magnética seja para cima (para anular o peso), conclui-se que a velocidade deve ser horizontal para a direita.



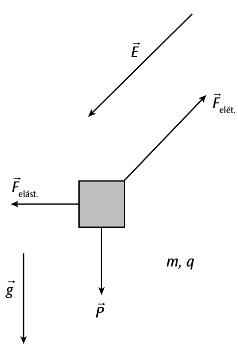
b) Para que a altura permaneça constante, tem-se que a força resultante sobre o corpo é nula, e dessa maneira:

$F_{mag.} = P \Rightarrow B \cdot q \cdot v \cdot \text{sen } 90° = m \cdot g$

$3 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot v \cdot 1 = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \Rightarrow v = \dfrac{1}{6}$ m/s

48. a

Na situação de equilíbrio, como o bloco está em repouso, a força magnética é nula. Nesse caso, a força elétrica devida ao campo elétrico deve equilibrar a força elástica e a força peso. Nesta situação, devemos ter a força elétrica oposta ao campo elétrico, como mostra a figura a seguir, e, portanto, a carga elétrica do bloco é negativa ($q < 0$).



Além disso, deve-se notar que a força elétrica é maior do que o peso, visto que: $F^2_{elét.} = F^2_{elást.} + P^2$

Quando a força elástica deixa de atuar, o bloco passa a se mover no sentido da força resultante entre as forças elétrica e peso (sentido do eixo x). Com isso passa a atuar uma força magnética que, pela regra da mão esquerda (para carga negativa), apontará no sentido do eixo z (paralelo ao eixo xz). Neste caso a resultante será paralela ao eixo xz e numa direção que fará o bloco se afastar do ponto O fazendo uma curva paralela ao eixo xz.

FR.13

49. a

A lente plano-convexa obtida possui raio de curvatura:

$R = 2{,}5$ mm $= 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ m (diâmetro do furo igual a 5 mm)

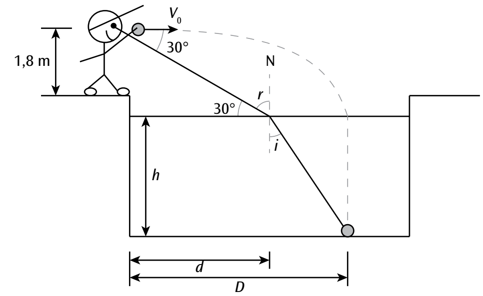
Pela equação dos fabricantes de lentes:

$$C = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = (1{,}5 - 1) \cdot \left(\frac{1}{2{,}5 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{\infty}\right)$$

$$C = 0{,}5 \cdot \frac{1}{2{,}5 \cdot 10^{-3}} = 0{,}2 \cdot 10^3 = 200 \text{ di}$$

50. c

A figura a seguir representa a situação:



Tempo de queda até atingir a superfície da água.

$\Delta h = \dfrac{1}{2} g \cdot t^2 \Rightarrow 1{,}8 = \dfrac{1}{2} \cdot 10 \cdot t^2 \Rightarrow t = 0{,}6$ s

Alcance D em que o objeto atinge a superfície da água.

$D = v_0 \cdot t = 5\sqrt{3} \cdot 0{,}6 \Rightarrow D = 3\sqrt{3}$ m

Pela figura, temos:

$\dfrac{1{,}8}{d} = \text{tg } 30° = \dfrac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow d = 1{,}8\sqrt{3}$ m

Aplicando a lei de Snell:

$n_{água} \cdot \text{sen } i = n_{ar} \cdot \text{sen } r$

$\dfrac{5\sqrt{3}}{6} \cdot \text{sen } i = 1{,}0 \cdot \text{sen } 60°$

$\dfrac{5\sqrt{3}}{6} \cdot \text{sen } i = \dfrac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \text{sen } i = 0{,}6$

Pela relação fundamental da trigonometria, temos:

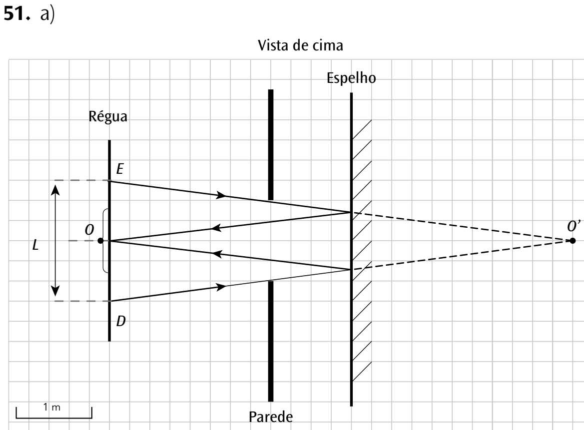
$\text{sen}^2\, i + \cos^2 i = 1 \Rightarrow 0{,}6^2 + \cos^2 i = 1 \Rightarrow \cos i = 0{,}8$

Pela figura, temos

$\dfrac{D - d}{h} = \text{tg } i = \dfrac{\text{sen } i}{\cos i}$

$\dfrac{3\sqrt{3} - 1{,}8\sqrt{3}}{h} = \dfrac{0{,}6}{0{,}8} \therefore h = 1{,}6\sqrt{3}$ m

51. a)



b) Os pontos D e E estão identificados no esquema do item a. A partir da escala fornecida na figura:

$L = DE = 1{,}5$ m

52. a) Intensidade a uma distância de 2 m da fonte antes da polarização:

$$I_0 = \frac{\mathcal{P}_0}{4\pi \cdot d^2} = \frac{24}{4\pi \cdot 2^2} = 0{,}5 \text{ W/m}^2$$

Intensidade após atravessar o polarizador:
$I = I_0 \cdot \cos^2 \theta = 0{,}5 \cdot \cos^2 60° = 0{,}5 \cdot (0{,}5)^2$
$I = 0{,}125\ W/m^2$

b) Sendo o ângulo entre o raio refratado e o raio refletido de 90°, temos:
$\theta_r + 90° + \theta_B = 180°$
$\theta_r + 90° + 60° = 180° \Rightarrow \theta_r = 30°$
Aplicando a lei de Snell:
$n_1 \cdot \text{sen}\ \theta_B = n_2 \cdot \text{sen}\ \theta_r$
$1{,}0 \cdot \text{sen}\ 60° = n_2 \cdot \text{sen}\ 30°$
$$\frac{\sqrt{3}}{2} = n_2 \cdot \frac{1}{2} \therefore n_2 = \sqrt{3}$$

FR.14

53. a) O maior comprimento de onda ocorrerá no 1º harmônico. Nesse caso, a corda possui dois nós em seus extremos que distam L. Numa onda estacionária, a distância entre dois nós consecutivos é $\frac{\lambda}{2}$. Assim: $L = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2L$

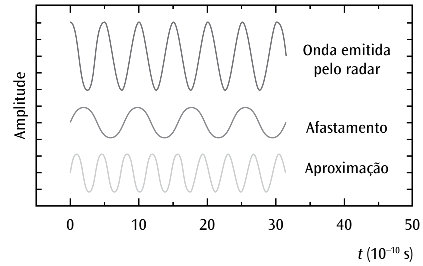
b) O som mais grave (menor frequência) ocorre na corda de maior densidade linear, pois esta vibrará mais lentamente, sendo que:
$$v_c = \sqrt{\frac{T \cdot L}{m}}\ ;\ \lambda = 2L \text{ e } f = \frac{V_c}{\lambda}\text{, logo } f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T \cdot L}{m}}$$
Como T e L são constantes, quanto maior a massa, menor a frequência. Portanto, a corda que produz o som mais grave é a corda Q.

c) Como a frequência do som no ar (f_{ar}) é igual à frequência de vibrações da corda (f_c), temos:
$$f_{ar} = f_c \Rightarrow \frac{v_s}{\lambda_{ar}} = \frac{v_c}{\lambda_c}$$ (para o maior comprimento de onda, temos $\lambda_c = 2L$)
Assim:
$$\frac{v_s}{\lambda_{ar}} = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T \cdot L}{m}} \Rightarrow \lambda_{ar} = 2L \cdot v_s \cdot \sqrt{\frac{m}{T \cdot L}} \Rightarrow \lambda_{ar} = 2v_s \cdot \sqrt{\frac{m \cdot L}{T}}$$

54. c
Considerando que em $t = 0$ a partícula encontra-se em $x = x_0$, a função horária da elongação x é $x = x_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$.
Pelas informações do enunciado, temos $x = x_0 - a$, para $t = 1$ s. Substituindo na função da elongação, temos:
$$x_0 - a = x_0 \cdot \cos(\omega \cdot 1) \Rightarrow \cos\omega = \frac{x_0 - a}{x_0}$$
Também temos $x = x_0 - a - b$, para $t = 2$ s e, portanto:
$$x_0 - a - b = x_0 \cdot \cos(\omega \cdot 2) \Rightarrow \cos(2 \cdot \omega) = \frac{x_0 - a - b}{x_0}$$
Sendo $\cos(2 \cdot \omega) = \cos^2 \omega - \text{sen}^2\ \omega$ e considerando a relação fundamental da trigonometria ($\text{sen}^2 x + \cos^2 x = 1$), temos:
$\cos(2 \cdot \omega) = 2\cos^2(\omega) - 1$
$$\frac{x_0 - a - b}{x_0} = 2 \cdot \left(\frac{x_0 - a}{x_0}\right)^2 - 1$$
$$\frac{x_0 - a - b}{x_0} = \frac{2x_0^2 - 4x_0 \cdot a + 2a^2 - x_0^2}{x_0^2}$$
$$x_0^2 - x_0 \cdot a - x_0 \cdot b = x_0^2 - 4x_0 \cdot a + 2a^2$$
$$3x_0 \cdot a - x_0 \cdot b = 2a^2 \therefore x_0 = \frac{2a^2}{3a - b}$$

55. a) Sabendo-se que o período de uma onda, de acordo com a figura II, é $T = 5 \cdot 10^{-10}$ s, bem como a velocidade de propagação de uma onda desse tipo é $v = 3 \cdot 10^8$ m/s, pode-se determinar o comprimento da onda emitida pelo radar:
$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot 5 \cdot 10^{-10} = 0{,}15\ m$$

b) Devido ao efeito Doppler-Fizeau, quando o carro se aproxima do radar, a frequência aparente é maior que a refletida e, quando se afasta, é menor. Portanto:



56. a) A densidade volumétrica da corda é $\rho = \frac{m}{V}$, em que m é a sua massa e V o seu volume. Considerando a corda como um cilindro de diâmetro d e altura L, temos que $V = p \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot L$.
Substituindo na definição de densidade volumétrica, temos:
$$\rho = \frac{m}{\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot L} = \frac{4m}{\pi \cdot d^2 \cdot L}$$
Sendo $\mu = \frac{m}{L}$ a densidade linear, temos:
$$\rho = \frac{4\mu}{\pi \cdot d^2} \Rightarrow \mu = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \pi}{4}$$
Por sua vez, a velocidade de propagação de uma onda transversal em uma corda de densidade linear μ submetida a uma força de tração T é dada por:
$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{T}{\frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4}}} \therefore v = \frac{2}{d} \cdot \sqrt{\frac{T}{\pi \cdot \rho}}$$

b) Considerando que na corda original a velocidade é dada por:
$$v = \frac{2}{d} \cdot \sqrt{\frac{T}{\pi \cdot \rho}}$$
na corda nova será:
$$v' = \frac{\frac{2}{d}}{2} \cdot \sqrt{\frac{4T}{\pi \cdot \rho}} = 4 \cdot \left(\frac{2}{d} \cdot \sqrt{\frac{T}{\pi \cdot \rho}}\right) \therefore v' = 4v$$

c) A frequência fundamental na corda original é:
$$f_1 = \frac{v}{2 \cdot L}$$
e na nova corda é:
$$f_1' = \frac{v'}{2 \cdot L} = \frac{4v}{2 \cdot L} = 4 \cdot f_1 = 4 \cdot 420 \therefore f_1' = 1.640\ Hz$$

FR.15

57. c
A vazão da água é dada por:
$$V_a = \frac{V}{\Delta t} \Rightarrow V = V_a \cdot \Delta t \qquad (1)$$

Mas o volume pode ser obtido por: $d = \dfrac{m}{V} \Rightarrow V = \dfrac{m}{d}$ (2)

De (1) e (2), vem: $m = V \cdot d = V_a \cdot \Delta t \cdot d$ (3)

Por outro lado: $Q_1 + Q_2 = 0$, em que Q_1 é o calor cedido pela água quente e Q_2 é o calor recebido pela água fria.

Assim: $m_1 \cdot c \cdot \Delta T_1 + m_2 \cdot c \cdot \Delta T_2 = 0$

Substituindo (3) vem:

$V_{a1} \cdot \Delta t \cdot c \cdot d \cdot \Delta T_1 + V_{a2} \cdot \Delta t \cdot d \cdot c \cdot \Delta T_2 = 0$

Note que $d \cdot c \cdot \Delta T$ é comum.

Assim:

$V_{a1} \cdot \Delta T_1 + V_{a2} \cdot \Delta T_2 = 0$

$12 \cdot (T - 85) + 18 \cdot (40 - 20) = 0$

$12T - 1.020 + 360 = 0$

$12T = 660$

$T = 55\ °C$

58. a) Potência total incidente na placa:

$\mathcal{P} = I \cdot A = 400\ W/m^2 \cdot 2\ m^2 = 800\ W$

Calor absorvido pelo ar em 1 min:

$Q = P \cdot \Delta t = 800\ W \cdot 60\ s = 48.000\ J$

Variação da temperatura do ar em 1 min.

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

$48.000 = 6 \cdot 1.000 \cdot \Delta\theta \therefore \Delta\theta = 8\ °C$

b) Transformação isobárica:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{\frac{m}{\rho_1}}{T_1} = \frac{\frac{m}{\rho_2}}{T_2} \Rightarrow \rho_2 \cdot T_2 = \rho_1 \cdot T_1$$

$\rho_2 \cdot 300 = 1{,}2 \cdot 290 \therefore \rho_2 = 1{,}16\ kg/m^3$

59. a

A temperatura final de equilíbrio é 0 °C, pois no final ainda haverá gelo. Considerando o sistema termicamente isolado, temos:

$Q_{gelo} + Q_{cobre} = 0$

$m_g \cdot L_f = m_{Cu} \cdot c_{Cu} \cdot \Delta\theta_{Cu} = 0$

$m_g \cdot 80 + 30 \cdot 0{,}096 \cdot (0 - 100) = 0$

$m_g = \dfrac{288}{80} = 3{,}6\ g$

Considerando a densidade do gelo, temos:

$d_g = \dfrac{m_g}{V_g} \Rightarrow 0{,}92 = \dfrac{3{,}6}{V_g} \Rightarrow V_g = 3{,}9\ cm^3$

Somado ao volume inicial da cavidade, temos:

$V_{final} = 5\ cm^3 + 3{,}9\ cm^3 = 8{,}9\ cm^3$

60. a) Da expansão linear de um metal, a variação de comprimento após um aquecimento é dada por $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$. Dessa maneira, observando-se cada curva do gráfico, pode-se calcular o coeficiente de expansão linear de cada metal:

$\alpha_I = \dfrac{300 \cdot 10^{-6}}{30} = 1 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$

$\alpha_{II} = \dfrac{600 \cdot 10^{-6}}{30} = 2 \cdot 10^{-5}\ °C^{-1}$

b) Do desenho, percebe-se que a parte superior da lâmina deve ficar com comprimento final maior que a parte inferior para um mesmo aumento de temperatura. A parte superior da lâmina deve, portanto, ter maior coeficiente de dilatação linear; ou seja, deve-se utilizar o metal II.

FR.16

61. a) $\mathcal{P} = \dfrac{E}{\Delta t} \Rightarrow E = \mathcal{P} \cdot \Delta t$

Para 1 s: $E = 2 \cdot 10^2 \cdot 1 = 2 \cdot 10^2\ J$

Para n fótons, temos: $E = n \cdot h \cdot f = \dfrac{n \cdot h \cdot v}{\lambda}$

$2 \cdot 10^2 = \dfrac{n \cdot 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3{,}3 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow$

$\Rightarrow 2 \cdot 10^2 = n \cdot 6{,}02 \cdot 10^{-19} \Rightarrow n = \dfrac{2 \cdot 10^2}{6{,}02 \cdot 10^{-19}} = 3{,}3 \cdot 10^{20}$ fótons

b) L_2 possui maior comprimento de onda, portanto menor frequência. Diminuindo-se a frequência, diminui a energia dos fótons.

c) Não, pois com uma potência maior aumenta-se apenas o número de fótons emitidos, mas a frequência permanece a mesma.

62. d

A transformação de B para C é isotérmica:

$p_B \cdot V_B = p_C \cdot V_C$

$2p \cdot \cancel{V} = p_c \cdot \dfrac{3\cancel{V}}{2}$

$p_C = \dfrac{4p}{3}$

A transformação de A para B é isovolumétrica:

$\dfrac{p_A}{T_A} = \dfrac{p_B}{T_B}$

$\dfrac{\cancel{p}}{300} = \dfrac{2\cancel{p}}{T}$

$T = 600\ K$

63. a) Número de mols de CO_2 no extintor:

$n = \dfrac{m}{M} = \dfrac{6.000}{44} \simeq 136\ mol$

Volume de CO_2, em m^3:

$V = 1.800\ cm^3 = 1{,}8 \cdot 10^3 \cdot (10^{-2}\ m)^3 = 1{,}8 \cdot 10^{-3}\ m^3$

Aplicando a equação de Clapeyron:

$p = \dfrac{n \cdot R \cdot T}{V} = \dfrac{136 \cdot 8{,}3 \cdot 300}{1{,}8 \cdot 10^{-3}} \therefore p \simeq 1{,}9 \cdot 10^8\ Pa$

b) Estimando a massa total do extintor como $M_{ext.} \simeq 20$ kg e considerando que o sistema seja mecanicamente isolado, temos:

$m \cdot v = M_{ext.} \cdot v_{ext.}$

$50 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 20v_{ext.}$

$v_{ext.} = 5 \cdot 10^{-2}\ m/s = 5\ cm/s$

64. b

Trabalho realizado no processo LMN:

$W_{LMN} = W_{LM} + W_{MN}$

$W_{LMN} = p(4V - V) + 0 \Rightarrow W_{LMN} = 3p \cdot V$

Variação da energia interna no processo LMN:

$\Delta U_{LMN} = U_N - U_L$

$\Delta U_{LMN} = \dfrac{3}{2} \cdot 4p \cdot 4V - \dfrac{3}{2}p \cdot V \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta U_{LMN} = \dfrac{45}{2} \cdot p \cdot V$

Primeira lei da termodinâmica:

$Q_{LMN} = \Delta U_{LMN} + W_{LMN}$

$Q_{LMN} = \dfrac{45}{2} \cdot p \cdot V + 3p \cdot V \therefore Q_{LMN} = \dfrac{51}{2}\, p \cdot V$