

## FR.01

1. c

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

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

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

$$\Delta s_1 = \Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 = 40 + 80 + 40 = 160 \text{ km}$$

2. b

A mudança ocorreu na posição  $s = 32 \text{ m}$  (posição inicial MUV).

Portanto, na função horária do MU, temos:

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

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

$$\Rightarrow t = 6 \text{ s}$$

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:  $v_{\text{sombra}} > v_{\text{bola}}$

4. a

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

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

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

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

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

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.

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

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

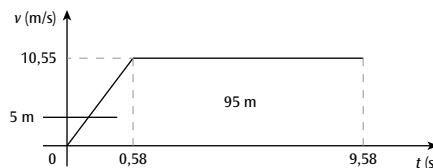
$$\text{Moça: } 80 = \frac{80}{\Delta t_M} \Rightarrow \Delta t_M = 1 \text{ s}$$

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)

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{95}{9} \Rightarrow v \approx 10,55 \text{ m/s}$$

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



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

$$(02) \quad (V) \quad a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10,55}{0,58} \Rightarrow a_m \approx 18,2 \text{ m/s}^2$$

$$(04) \quad (V) \quad 10,55 \text{ m/s} \cdot 3,6 \approx 38 \text{ km/h}$$

$$(08) \quad (V) \quad \Delta s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2 \Rightarrow 100 = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot \Delta t^2 \Rightarrow \Delta t^2 = 80 \Rightarrow \Delta t \approx 8,94 \text{ s}$$

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

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

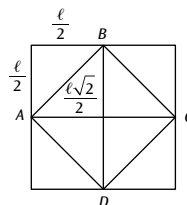
$$\text{b) } L = v \cdot \Delta t$$

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

$$L = 3,0 \text{ m}$$

8. c

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



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

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

Para a bola 2, são dois lados  $\ell$ :

$$\Delta s_2 = 2\ell$$

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

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

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

9. a

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

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

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

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

## FR.02

1. a

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

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

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

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

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

Latitude  $25^\circ$ :

$$v = v_{eq} \cdot \cos 25^\circ = 465 \cdot 0,91 \Rightarrow v \approx 423 \text{ m/s}$$

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

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

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

$$v_0^2 = 80.000$$

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

7. c

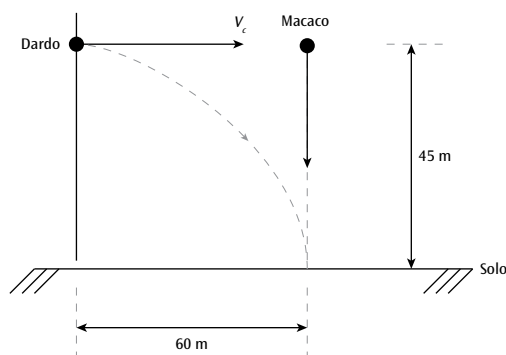
I. (F) No ponto mais alto da trajetória, a velocidade é  $v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$ .

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

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

$$v_0 = v_0 \cdot \sin 30^\circ$$

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

$$v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g \cdot h_{máx}$$

$$0 = (10)^2 - 2 \cdot 10h_{máx}$$

$$0 = 100 - 20h_{máx}$$

$$20h_{máx} = 100$$

$$h_{máx} = 5 \text{ m}$$

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

$\Delta s_y = 5,0 \text{ m}$ ;  $v_y = 0$  e  $a = -g = -10 \text{ m/s}^2$  (trajetória orientada para cima)

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

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

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

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin 30^\circ \Rightarrow$$

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

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

## Resolução

## FR.03

1. c

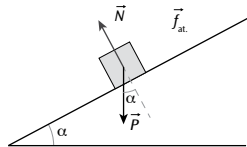
A massa é uma medida da inércia de um corpo.

2. b

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

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

3. e



4.  $\vec{T}$   $\vec{T}$   
 $\vec{P}_A$   
 $2T = P_A$   
 $2T = 340$   
 $T = 170 \text{ N}$

$\vec{T}$   $\vec{T}$   
 $\vec{T}$   
 $2T' = T$   
 $2T' = 170$   
 $T' = 85 \text{ N}$

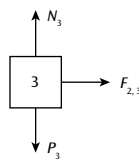
$\vec{T}$   $\vec{T}$   
 $\vec{P}_B$   
 $T' = P_B$   
 $P_B = 85 \text{ N}$

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.

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

$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

Aplicando a segunda lei de Newton para este vagão:

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

7. d

$$\text{Em A: } P = N = 100 \text{ N}$$

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

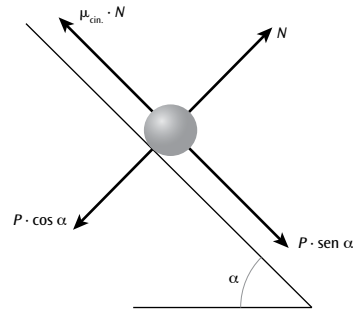
8. d

Corpo em MUV:

$$\bullet \quad x_1 = \frac{a \cdot t_1^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2 \cdot x_1}{t_1^2} = \frac{2 \cdot 1}{(1)^2} \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\bullet \quad x_2 = \frac{a \cdot t_2^2}{2} = \frac{2 \cdot (4)^2}{2} \Rightarrow x_2 = 16 \text{ m}$$

Forças no corpo:



$$N = P \cdot \cos \alpha$$

$$F_R = P \cdot \sin \alpha - \mu_{\text{cin}} \cdot N \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m' \cdot a = m' \cdot g \cdot \sin \alpha - \mu_{\text{cin}} \cdot m' \cdot g \cdot \cos \alpha \Rightarrow$$

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

9. a

A força centrípeta é dada por:

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

Como  $v = \frac{2\pi r}{T}$ , quanto maior o período, menor a velocidade. Como

$F_{\text{centr.}}$  é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade, temos: menor período  $\Rightarrow$  maior velocidade  $\Rightarrow$  maior força centrípeta.

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

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

Direção: vertical

Sentido: para baixo

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

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

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

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

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

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:

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

## Resolução

4. a) A variação da energia cinética é:

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

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

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

- 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,
- $\mathcal{C}_R = 3,6 \cdot 10^5 \text{ J}$
- .

5. d

Desprezando-se as perdas, obtém-se que:

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

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

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:

$$\mathcal{C}_p = m \cdot g \cdot h$$

$$\mathcal{C}_p = -80 \cdot 10 \cdot 3$$

$$\mathcal{C}_p = -2.400 \text{ J}$$

7. e

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

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

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

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

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

8. Soma = 18 (02 + 16)

(01) (F)  $\mathcal{C}_1 = \mathcal{C}_2 = \mathcal{C}_3$ 

(02) (V)

(04) (F)

(08) (F)  $\mathcal{P}_1 < \mathcal{P}_{\text{III}}$ , 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 · 10<sup>-3</sup> kg, x = 5,0 · 10<sup>-2</sup> m, k = 500 N/m e v<sub>A</sub> = v<sub>B</sub> = 0):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

10. b

Em A, temos:

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

Em B, temos:

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

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

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

## FR.05

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

$$\Rightarrow 350 = Q - 50 \Rightarrow Q = 400 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

- b) • De 0 a 5 s, temos:
- $I_1 = 350 \text{ N} \cdot \text{s}$

• De 5 a 6 s, temos:  $I_2 = 0$ • De 6 a 10 s, temos:  $I_3 = -40 \cdot 4 = -160 \text{ N} \cdot \text{s}$ 

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

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

2. d

$$m = 1 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

Pelo gráfico de MU (reta), temos:

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

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

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

$$m = 1.500 \text{ kg}$$

$$v_0 = -15 \text{ m/s}$$

$$v = 3 \text{ m/s}$$

$$I = F \cdot \Delta t \text{ e } \Delta Q = I$$

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

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

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

5. Determinando as velocidades dos corpos A e B imediatamente antes da colisão: v
- <sub>B</sub>
- = 0

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

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

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

Equacionando a colisão:

$$Q_{\text{depois}} = Q_{\text{antes}} \\ (m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B)_{\text{depois}} = (m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B)_{\text{antes}} \Rightarrow \\ \Rightarrow (M + 6M)v = M \cdot v_A \Rightarrow v = \frac{v_A}{7} \Rightarrow$$

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

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

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

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

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

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  $\Rightarrow$

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

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

7. c

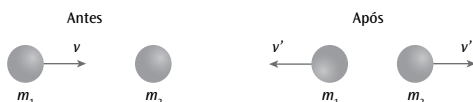
$$I = \Delta Q$$

Em módulo:

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

$$F = 3 \cdot 10^4 \text{ N}$$

8. e



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

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

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

$$m_1 \cdot 2v' = -m_1 \cdot v' + m_2 \cdot v'$$

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

9. b

No choque, temos:

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

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

Ao atingir o solo:

$$v_x = 1 \text{ m/s e}$$

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

Portanto, a velocidade resultante vale:

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

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

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

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

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

$$v' = 2 \text{ m/s}$$

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

$$\text{Bloco } M: v = 0$$

$$\text{Bloco } M': v' = 2 \text{ m/s}$$

Assim, temos:

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

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

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

## 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

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

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

$$\text{Planeta Gama: } d_G = d; T_G$$

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

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

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

3. b

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

$$\bullet \text{ Na superfície da Terra: } F_1 = G \cdot \frac{M \cdot m}{R_{\text{Terra}}^2}$$

$$\bullet \text{ Acima da superfície da Terra: } F_2 = G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2}$$

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

4. d

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

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

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)  $T_{\text{satélite geostacionário}} = 24 \text{ h}$  (idem Terra)

II. (F)  $T$  não depende da massa  $\left( T = \frac{2\pi \cdot R}{v} \right)$

III. (V) Manter mesma velocidade  $\Rightarrow$  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:  $\frac{A}{\Delta t} = \text{constante}$

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:

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

Agora, calculando-se a força eletrostática:

$$F_e = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{d^2} =$$

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

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:  $\mathcal{P} = \frac{\mathcal{C}}{\Delta t}$

A equação dimensional é:

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

Assim, a unidade de potência mecânica pode ser escrita como:

$$\text{kg} \cdot (\text{m}^2/\text{s}^3)$$

2. a

Unidades básicas no Sistema Internacional:

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

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

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

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

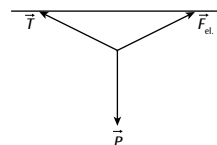
Assim:  $[E] = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}/(\text{A} \cdot \text{s}) = \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$

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:



$$T \cdot \cos 30^\circ = F_{\text{el}} \cdot \cos 30^\circ \rightarrow T = F_{\text{el}}$$

$$T \cdot \sin 30^\circ + F_{\text{el}} \cdot \sin 30^\circ = P$$

$$2F_{\text{el}} \cdot \sin 30^\circ = P$$

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

$$F_{\text{el}} = P$$

$$k \cdot x = P$$

$$k \cdot 0,1 = 400$$

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

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.

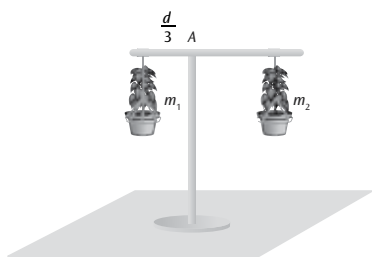
7. b

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

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

Portanto, o comprimento é 69,5 cm.

8. b



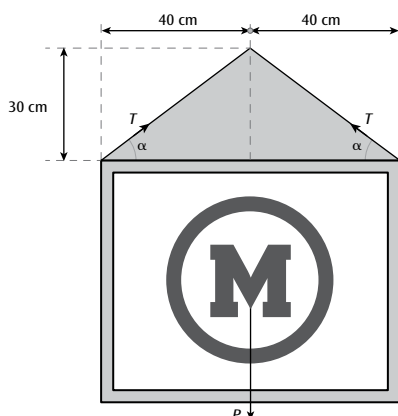
$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow m_1 \cdot \frac{d}{3} = m_2 \cdot \frac{2 \cdot d}{3} \Rightarrow m_2 = \frac{m_1}{2}$$

9.  $\Sigma M = 0$ 

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

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

10. e



Equilíbrio na vertical:

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

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

FR.08

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

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

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

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

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

$$\bullet V_{\text{bloco}} = a^3 = (5)^3 \Rightarrow V_{\text{bloco}} = 125 \text{ cm}^3$$

$$\bullet d_{\text{bloco}} = \frac{m}{V} = \frac{200}{125} \Rightarrow d_{\text{bloco}} = 1,6 \text{ g/cm}^3$$

Assim, temos:

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

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

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

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

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

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

$$E = P$$

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

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

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

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

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

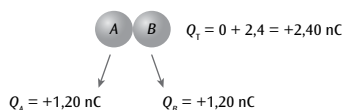
Logo:

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

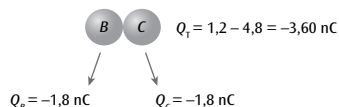
## FR.09

1. b

1ª Contato entre A e B:



2ª Contato entre B e C:

Esfera C no início  $\rightarrow Q_C = -4,80 \text{ nC}$ Esfera C no final  $\rightarrow Q_C = -1,8 \text{ nC}$ 

Logo, a esfera C perdeu elétrons, pois tornou-se menos negativa.

Perdeu uma carga equivalente a 3,0 nC.

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

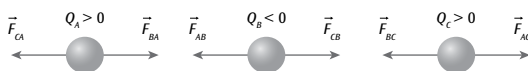
$$3 \cdot 10^{-9} = n \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$$

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

$$n = 1,875 \cdot 10^{10} \text{ elétrons}$$

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:  $F = q \cdot E = \text{constante}$ .

(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:  $\mathcal{E} = q \cdot U$  e  $E \cdot d = U$

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

$$\mathcal{E}_R = \mathcal{E}_{\text{fel}} = F_{el} \cdot d \cdot \cos 180^\circ, \text{ mas:}$$

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

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

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

## FR.10

1. d

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

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

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

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

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

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

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

$$U_A = U_B$$

$$R_A \cdot i_A = R_B \cdot i_B$$

$$3R_B \cdot i_A = R_B \cdot i_B$$

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

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

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

b) Cálculo do número máximo de lâmpadas:

$$n = \frac{\mathcal{P}_{\text{máx}}}{\mathcal{P}} = \frac{550}{150} \approx 3,7$$

Assim, o número máximo de lâmpadas será 3.

5. Potência do resistor:

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

Calor fornecido para fundir 1 kg de gelo:

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

Tempo que o circuito ficou ligado:

$$\mathcal{P} = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 16.000 = \frac{19.048}{\Delta t} \therefore \Delta t \approx 1,2 \text{ s}$$

6. d

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

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

7. c

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

Como:  $\mathcal{P} = \frac{U^2}{R}$  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:  $R_{III} > R_I \Rightarrow \mathcal{P}_{III} < \mathcal{P}_I$ 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:

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

Potência quando submetido a uma tensão de 4 V:

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

9. c

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

$$6.000 = i \cdot 220 \Rightarrow i = \frac{600}{22} \approx 27,3 \text{ A}$$

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  $\varepsilon$ . Aplicando a primeira lei de Ohm em cada resistor:

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

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:

$$\bullet \text{ para o circuito: } U = (R + X) \cdot i$$

$$\bullet \text{ para o resistor de resistência } R: \frac{U}{10} = R \cdot i \Rightarrow U = 10 \cdot R \cdot i$$

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

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

3. Resistência equivalente:

$$R_{\text{eq}} = \frac{(2 + X) \cdot 2}{(2 + X) + 2} = \frac{2X + 4}{X + 4}$$

Aplicando a lei de Ohm:

$$U = R_{\text{eq}} \cdot i$$

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

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

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

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

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

Resistência equivalente do circuito:

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

Por sua vez, temos:

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

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

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

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

5. a

$$i_1 = i_1 + i_2 \Rightarrow 30 = 10 + i_2 \Rightarrow i_2 = 20 \text{ A}$$

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

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

$$\text{Portanto: } U_2 = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow$$

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

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  $i = 0$ ;  $U = 6,0 \text{ V}$ , logo:  $\varepsilon = 6,0 \text{ V}$

Quando  $i = 0,4 \text{ A}$ ;  $U = 4,0 \text{ V}$

Para a bateria:  $U = \varepsilon - R \cdot i \Rightarrow$

$$\Rightarrow 4,0 = 6,0 - R \cdot 0,4 \Rightarrow R = 5 \Omega$$

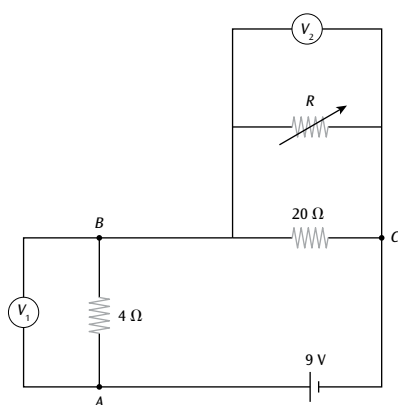
8. e

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 (elêtron). Assim: a trajetória do próton está descrita a partir do ponto 1 e do elêtron a partir do ponto 3.

4. e

Na situação descrita, temos:

$$F = B \cdot i \cdot \ell \cdot \sin 90^\circ \Rightarrow$$

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

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

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:

$$F_m = \frac{\mu \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \ell}{2\pi \cdot d}, \text{ em que } \ell \text{ é o comprimento dos fios. Como neste}$$

$$\text{caso temos } i_1 = i_2 = I, \text{ a força será: } F_m = \frac{\mu \cdot \ell}{2\pi \cdot d} \cdot I^2$$

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:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos 53^\circ = 2,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6$$

$$\Phi = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

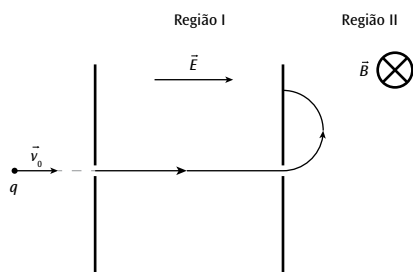
b) Quando a espira ficar paralela ao campo magnético, o fluxo magnético será nulo. Portanto, a força eletromotriz induzida será:

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

Aplicando a lei de Ohm, temos:

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

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:

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

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

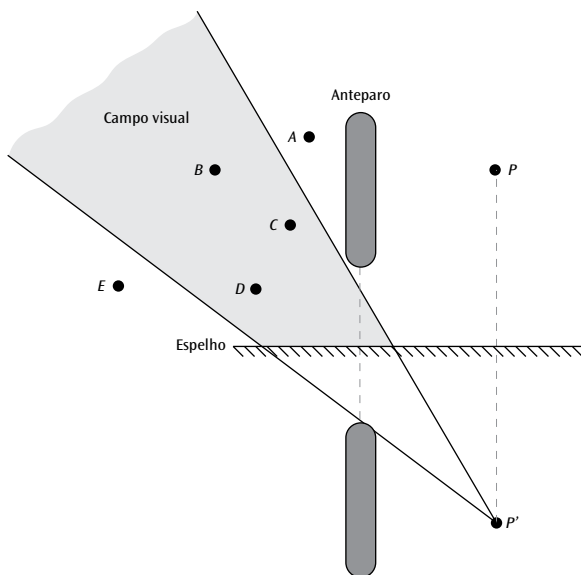
$$c) R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 2 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,1}$$

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

### FR.13

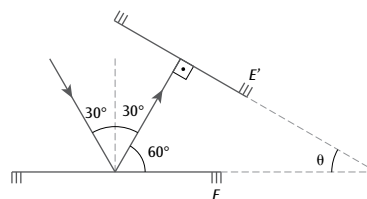
1. d

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



2. b

Observe a figura:



$$\theta + 90^\circ + 60^\circ = 180^\circ$$

$$\theta = 30^\circ$$

3. e

Ângulo-limite entre os meios A e B:

$$\sin L = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \therefore L = 45^\circ$$

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

4. c

Profundidade aparente da piscina:

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

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

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.

$$\sin \hat{L} = \frac{n_{\text{ar}}}{n_{\text{vidro}}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \hat{L} = 45^\circ$$

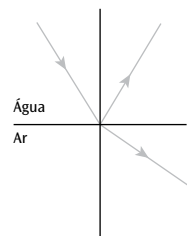
Como  $\hat{i} > \hat{L} \Rightarrow$  ocorre reflexão total.

6. a

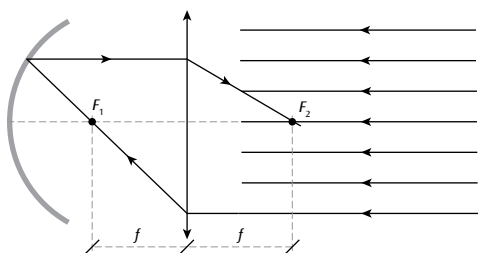
Quando um raio de luz atravessa uma lâmina de faces paralelas, ele não sofre desvio angular. Portanto, mesmo com a presença da lâmina nas figuras B e C, o raio de luz incidirá no prisma na direção horizontal e, portanto, sofrerá o mesmo desvio angular (por causa do prisma) da situação mostrada na figura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



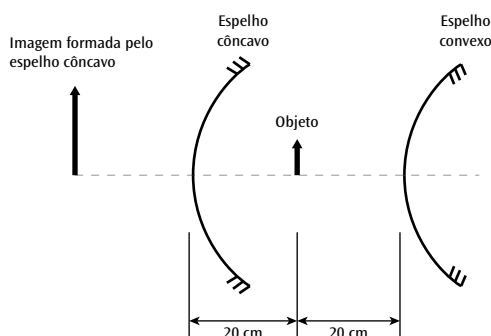
8. A figura a seguir ilustra a trajetória de um raio para a situação descrita:



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

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:

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \\ \frac{1}{40} &= \frac{1}{20} + \frac{1}{p'} \\ \frac{1}{40} - \frac{1}{20} &= \frac{1}{p'} \Rightarrow -\frac{1}{40} = \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = -40 \text{ cm}\end{aligned}$$

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  $f = -\frac{40}{2} = -20 \text{ cm}$ . Aplicando a equação de Gauss, temos:

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \\ \frac{1}{-20} &= \frac{1}{80} + \frac{1}{p'} \\ -\frac{1}{20} - \frac{1}{80} &= \frac{1}{p'} \Rightarrow \frac{-5}{80} = \frac{1}{p'} \Rightarrow p' = -16 \text{ cm}\end{aligned}$$

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  $t = 2 \mu\text{s}$  e  $t = 16 \mu\text{s}$  ( $\Delta t = 14 \mu\text{s}$ ) corresponde ao tempo para que o pulso que penetra na artéria percorra duas vezes o seu diâmetro (ida e volta). Portanto, temos:

$$\begin{aligned}v &= \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2D}{\Delta t} \Rightarrow \\ \Rightarrow 1.500 &= \frac{2D}{14 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \\ \Rightarrow D &= 0,0105 \text{ m} = 1,05 \text{ cm}\end{aligned}$$

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

2. e

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

Considerando que as ondas do rádio se propagam com velocidade

$$\text{igual a } 3 \cdot 10^8 \text{ m/s, temos: } \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{1.200 \cdot 10^3} = 250 \text{ m}$$

3. c

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

$$\lambda = 15 \cdot 80 \text{ cm} = 1.200 \text{ cm} = 12 \text{ m}$$

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

Aplicando a equação fundamental da ondulatória, temos:

$$\begin{aligned}v &= \lambda \cdot f \Rightarrow 12,5 = 12 \cdot f \Rightarrow \\ \Rightarrow f &\approx 1 \text{ Hz}\end{aligned}$$

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:

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

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

5. e

- (F) A frequência da onda sonora depende da fonte que a produziu e não se altera com a mudança de meio.
- (F) Ao passar de um meio para outro, a onda sonora muda sua velocidade e, em consequência, muda seu comprimento de onda.
- (F) A qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco é a intensidade do som (volume).
- (F) É o timbre.
- (V) Para a menor frequência vem:  $340 = \lambda \cdot 20 \Rightarrow \lambda = 17 \text{ m}$

6. a

Comprimento de onda da nota lá:

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

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  $C_l$ ), devemos ter:

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

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

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:

$$\mathcal{P}_u = 50\% \cdot \mathcal{P}_T = 0,5 \cdot 1.400 = 700 \text{ W}$$

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:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = 0,12 \cdot f \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = 2,5 \cdot 10^9 \text{ Hz}$$

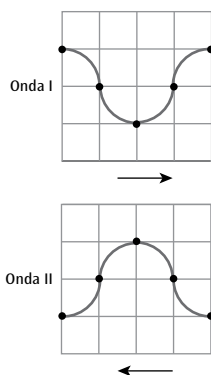
9. d

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.

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

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 ( $T_C = 0^\circ\text{C}$ ) e para a ebulição da água ( $T_C = 100^\circ\text{C}$ ):

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

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

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:

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

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

$$9T - 2.457 = 5T - 885$$

$$T = 393 \text{ K}$$

Relação entre as escalas Celsius e Kelvin:

$$T = \theta_C + 273$$

$$393 = \theta_C + 273 \therefore \theta_C = 120^\circ\text{C}$$

3. d

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

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

$$c = 0,06 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

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

4. c

Energia consumida pelo coração em 1 dia (86.400 s).

$$E = \mathcal{P} \cdot \Delta t = 10 \text{ W} \cdot 86.400 \text{ s} = 864.000 \text{ J} = 216 \text{ kcal}$$

Porcentagem em relação à dieta alimentar diária:

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

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  $30^\circ\text{C}$ , sabe-se que no equilíbrio térmico ( $\chi$  = quantidade de tempo que a torneira quente ficou ligada):

$$Q_1 + Q_2 = 0$$

$$80 \cdot c \cdot (30 - 20) + x \cdot 8 \cdot c \cdot (30 - 70) = 0$$

$$x = 2,5 \text{ minutos}$$

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

$$\Delta V_{ap} = \Delta V_L - \Delta V_F$$

$$\Delta V_{ap} = V_0 \cdot \Delta T \cdot (\gamma_L - \gamma_F)$$

$$352 = 10 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot (5 \cdot 10^{-4} - \gamma_F)$$

$$\frac{352}{8 \cdot 10^5} = 5 \cdot 10^{-4} - \gamma_F \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma_F = (5 \cdot 10^{-4}) - (4,4 \cdot 10^{-4}) = 0,6 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Mas: } \gamma_F = 3\alpha_F \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6 \cdot 10^{-5} = 3 \cdot \alpha_F \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha_F = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

10. a) Variação de comprimento da barra de zinco:

$$\Delta \ell_{Zn} = \ell_0 \cdot \alpha_{Zn} \cdot \Delta \theta = 500 \cdot 3 \cdot 10^{-5} \cdot (400 - 300) = 1,5 \text{ cm}$$

Variação de comprimento da barra de ferro:

$$\Delta \ell_{Fe} = \ell_0 \cdot \alpha_{Fe} \cdot \Delta \theta = 1.200 \cdot 1 \cdot 10^{-5} \cdot (400 - 300) = 1,2 \text{ cm}$$

Variação da distância entre as duas barras é dada pela diferença entre as dilatações:  $\Delta d = 1,5 - 1,2 \therefore \Delta d = 0,3 \text{ cm}$

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.

$$\Delta \ell_{Zn} = \Delta \ell_{Fe}$$

$$\ell_C \cdot \alpha_{Zn} \cdot \Delta \theta = \ell_A \cdot \alpha_{Fe} \cdot \Delta \theta$$

$$\ell_C \cdot 3 \cdot 10^{-5} = 12 \cdot 1 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \ell_C = 4 \text{ m}$$

$$\text{Distância do ponto C até o ponto A} \Rightarrow d = 12 - 4 \therefore d = 8 \text{ m}$$

## 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  $T_0 = T$ .

$$p_0 \cdot A_{\text{base}} d_0 = p \cdot A_{\text{base}} \frac{2d_0}{3} \therefore p = \frac{3 \cdot p_0}{2}$$

2. a

$$\text{Na posição inicial: } p = p_{\text{atm}} + p_{\text{hidro}} = 1 + 9 = 10 \text{ atm}$$

$$n = 20.000 \text{ mol}$$

Na posição final:

$$p = p_{\text{atm}} + p_{\text{hidro}} = 1 + 1 = 2,0 \text{ atm}$$

$$n = ?$$

Como não há alteração de temperatura e volume no interior do balão, pode-se afirmar que:

$$\frac{p \cdot V}{n \cdot T} = \frac{p_2 \cdot V}{n_2 \cdot T} \Rightarrow \frac{10}{20.000} = \frac{2}{n_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n_2 = 4.000 \text{ mol}$$

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

$$3. a) \frac{p_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{p_B \cdot V_B}{T_B}$$

$$\frac{6 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{330} = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{T_B}$$

$$T_B = 110 \text{ K} = 110 - 273 = -163 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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, conseqüentemente,  $\Delta U_{ABC} = 0$ .

Portanto:

$$Q_{ABC} = W_{ABC}$$

$$Q_{AB} + Q_{BC} = W_{AB} + W_{BC} \quad (I)$$

Calculando as áreas sob o diagrama  $p \times V$  nas transformações  $A \rightarrow B$  e  $B \rightarrow C$ , temos:

$$W_{AB} = - \frac{(6 \cdot 10^5 + 4 \cdot 10^5) \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{2} = -500 \text{ J}$$

$$W_{BC} = + \frac{(4 \cdot 10^5 + 3 \cdot 10^5) \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{2} = +1.050 \text{ J}$$

Considerando que no processo  $A \rightarrow B$  o gás perdeu 800 J de calor e substituindo os valores dos trabalhos da equação (I), temos:  $-800 + Q_{BC} = -500 + 1.050 \therefore Q_{BC} = 1.350 \text{ J}$

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:

$$\Delta U_1 = \Delta U_2 \text{ e } W_1 > W_2$$

$$\text{Como: } W_1 + \Delta U_1 = Q_1 \text{ e } W_2 + \Delta U_2 = Q_2 \Rightarrow Q_1 > Q_2$$

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  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

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:

$$m_{\alpha} \cdot v_{\alpha} = m_{\text{pb}} \cdot v_{\text{pb}} \Rightarrow \frac{v_{\text{pb}}}{v_{\alpha}} = \frac{m_{\alpha}}{m_{\text{pb}}}$$

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

A razão entre as energias cinéticas é:

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

$$\frac{E_{\text{pb}}}{E_{\alpha}} = \frac{1}{50} \therefore E_{\text{pb}} = \frac{E_{\alpha}}{50}$$

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:

$$Q_{AB} = W_{AB} \quad (I)$$

Por sua vez, o trabalho total realizado durante um ciclo é dado por:

$$W_{\text{ciclo}} = W_{AB} + W_{BC} + W_{CA}$$

Sendo BC uma transformação isovolumétrica e considerando que:

$$W_{\text{ciclo}} = 30 \text{ J e } W_{CA} = -40 \text{ J, temos:}$$

$$30 = W_{AB} + 0 + (-40) \Rightarrow W_{AB} = 70 \text{ J}$$

Substituindo em (I), temos:

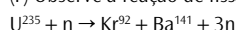
$$Q_{AB} = 70 \text{ J}$$

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:



d) (F) Um processo radioativo provoca diminuição do número atômico.

10. c

Do enunciado, a equação de Einstein para energia:  $E = m \cdot c^2$

$$4,18 = m \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \Rightarrow$$

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

### Série avançada

#### FR.01

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

$$(01) \text{ (V) } d_{AB} = 720 - 0 = 720 \text{ km}$$

$$(02) \text{ (V) } \Delta t_A = 16 - 4 = 12 \text{ h}$$

$$\Delta t_P = 18 - 6 = 12 \text{ h}$$

$$(04) \text{ (V) } |v_m|_A = \frac{720}{12} = 60 \text{ km/h}$$

$$|v_m|_P = \frac{720}{12} = 60 \text{ km/h}$$

(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 sonar seja  $v_0 = 34 \text{ m/s}$ , e que a velocidade dele ao terminar o trecho seja  $v = 22 \text{ m/s}$ , em um intervalo de tempo de 6 s:  $v = v_0 + a \cdot t \Rightarrow 22 = 34 + a \cdot 6 \Rightarrow a = -2 \text{ m/s}^2$

E ainda:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \Rightarrow 22^2 = 34^2 + 2 \cdot (-2) \cdot \Delta s \Rightarrow \Delta s = 168 \text{ m}$$

3. c

O deslocamento total sobre os arcos AB e BC é dado por:

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

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

$$\Delta s = \pi r + \pi R = \pi(r + R)$$

Para que o trenzinho atravessasse completamente o trajeto ABC, o deslocamento total sobre o arco deve ser:

$$\Delta s_1 = \Delta s + \ell, \text{ em que } \ell \text{ é o comprimento do trenzinho.}$$

Como  $2r + 2R = 2,80 \text{ m}$ , de acordo com a figura, temos:

$$r + R = 1,40 \text{ m}$$

E, ainda, considerando  $\pi \approx 3,14$ , temos:

$$v_m = \frac{\Delta s_1}{\Delta t} = \frac{\pi(1,40) + 0,6}{2,5} \Rightarrow v_m \approx 2 \text{ m/s}$$

4. Por definição, um ano-luz é a distância percorrida pela luz durante um ano. Dessa maneira, pode-se estimar a distância do planeta

$$\text{Gama à Terra (1 ano} \approx 3,2 \cdot 10^7 \text{ s): } v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

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

Como a metade do percurso foi percorrida com aceleração escalar e constante de  $15 \text{ m/s}^2$ , calcula-se o tempo necessário para realizar esse trajeto:

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

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

$$\Rightarrow t = 8 \cdot 10^7 \text{ s}$$

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  $4 \cdot t = 4 \cdot 8 \cdot 10^7 = 3,2 \cdot 10^8 \text{ s} = 120 \text{ meses}$ .

#### 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:

$$\theta_A = \theta_B + 2\pi \Rightarrow 3\omega \cdot t = 2\omega \cdot t + 2\pi$$

$$\text{Então: } \omega \cdot t = 2\pi \Rightarrow t = \frac{2\pi}{\omega}$$

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:

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

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

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

$$\Delta t = 300 \text{ s}$$

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:

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

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

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

$$n = 30 \text{ voltas}$$

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

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

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

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

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

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

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

Na subida:

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

$$a = -g = -10 \text{ m/s}^2$$

$$v_y = 0 \text{ m/s}$$

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

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

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

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

Na descida:

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

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

$$a = g = 10 \text{ m/s}^2$$

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

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

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

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

Na horizontal, trata-se de um MU.

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

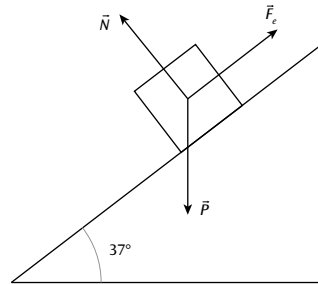
c) Na trajetória sem efeito:  $y = y_0 + \frac{v_{0y}}{v_x} x - \frac{g}{2v_x^2} x^2$

Na trajetória com efeito:  $y = y_0 + \frac{v_{0y}}{v_x} x - \frac{4g}{2v_x^2} x^2$

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

### FR.03

$$9. V - F - V - F - V$$



$$m = 8,0 \text{ kg}; g = 10 \text{ m/s}^2; \mu_e = 0,50; \mu_d = 0,25;$$

$$\sin 37^\circ = 0,60; \cos 37^\circ = 0,80$$

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

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

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

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

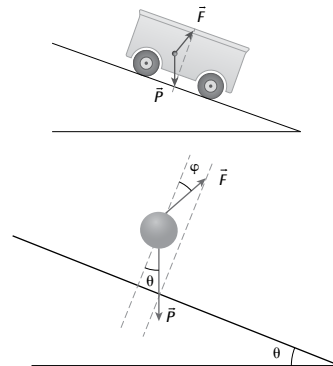
c) (V)  $F = P_x - F_{a(e)} = 48 - 32 \Rightarrow F = 16 \text{ N}$

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

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

$$F_R = F - (P_x + F_{a(d)}) \Rightarrow 8 \cdot 2 = F - (48 + 16) \Rightarrow F = 80 \text{ N}$$

10. Considere o esquema:



$$P \cdot \cos \theta = F \cdot \cos \phi \text{ (I)}$$

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

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

De (II) vem:  $\sin \phi = \frac{m \cdot a - P \cdot \sin \theta}{F}$

Sabemos que:

$$1 = \cos^2 \phi + \sin^2 \phi$$

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

$$F^2 = P^2 \cdot \cos^2 \theta + m^2 \cdot a^2 - 2m \cdot a \cdot P \cdot \sin \theta + P^2 \cdot \sin^2 \theta$$

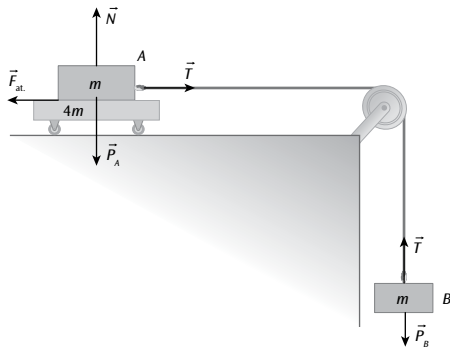
$$(k \cdot \Delta L)^2 = m^2 \cdot g^2 \cdot \cos^2 \theta + m^2 \cdot a^2 - 2m \cdot a \cdot m \cdot g \cdot \sin \theta + m^2 \cdot g^2 \cdot \sin^2 \theta$$

$$k^2 \cdot \Delta L^2 = m^2 \cdot g^2 (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) + m^2 \cdot a^2 - 2 \cdot m^2 \cdot a \cdot g \cdot \sin \theta$$

$$\Delta L^2 = \frac{m^2 \cdot g^2 + m^2 \cdot a^2 - 2m^2 \cdot a \cdot g \cdot \sin \theta}{k^2}$$

$$\Delta L = \frac{m}{k} \cdot \sqrt{g^2 + a^2 - 2a \cdot g \cdot \sin \theta}$$

## 11. Diagrama de forças



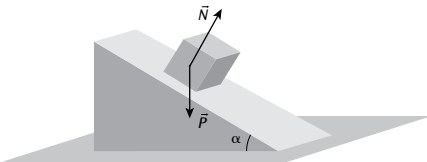
- a) A única força que faz com que o carrinho entre em movimento é a força de atrito:

$$\begin{aligned} F_R &= m \cdot a \\ F_{at} &= 4m \cdot a \\ 0,2m \cdot 10 &= 4m \cdot a \\ a &= 0,5 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

- b) No bloco B:

$$\begin{aligned} P_B - T &= m \cdot a \Rightarrow m \cdot 10 - T = m \cdot a \\ \text{No bloco A:} \\ T - F_{at} &= m \cdot a \\ T - 0,2m \cdot 10 &= m \cdot a \\ m(10 - a) - 2 \cdot m &= m \cdot a \\ 8 - a &= a \\ a &= 4,0 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

## 12. a)



Na vertical, temos:

$$N \cdot \cos \alpha = P$$

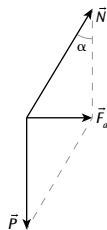
$$N = \frac{m \cdot g}{\cos \alpha} \quad (I)$$

Na horizontal, temos:

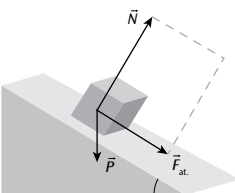
$$N \cdot \sin \alpha = F_{\text{cent.}}$$

Substituindo (I) em (II):

$$\frac{m \cdot g}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = \frac{m \cdot v^2}{R} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{v^2}{g \cdot R}$$



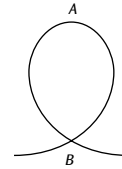
## b)



## 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:

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

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

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

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:

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

Considerando um  $\Delta t = 1$  s, o volume de água que cai a altura  $h = 9$  m é  $400 \text{ m}^3$ , portanto a massa de água que cai é  $m = 400.000 \text{ kg}$  ( $d_{\text{água}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$ ).

$$\text{Logo: } \mathcal{P}_T = 4 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot \frac{9}{1} = 36 \cdot 10^6 \text{ W}$$

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

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

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

$$\Rightarrow E = 23.328 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

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

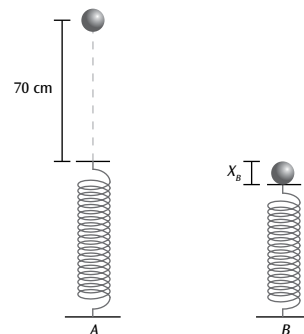
$$\begin{aligned} n &\text{ ————— } 23.328 \cdot 10^3 \text{ kWh} \\ 1 \text{ habitante} &\text{ ————— } 360 \text{ kWh} \\ n &= \frac{23.328 \cdot 10^3}{360} \Rightarrow n = 64.800 \text{ habitantes} \end{aligned}$$

## 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:

$$E_{M,A} = E_{M,B} \Rightarrow E_{C,A} + E_{PG,A} + E_{PEI,A} = E_{C,B} + E_{PG,B} + E_{PEI,B}$$

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

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:

$$h_B = 0 \text{ e } h_A = 0,7 + 0,2 = 0,9 \text{ m}$$

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

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

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:  
 $m = 0,5 \text{ L/s} \cdot 10 \text{ s} \cdot 1 \text{ kg/L} \Rightarrow m = 5 \text{ kg}$
- Na horizontal:  $Q_{\text{in}} = Q_{\text{out}} = M \cdot v = (M - m) \cdot v' + m \cdot ve \Rightarrow$   
 $\Rightarrow 30 \cdot \frac{36}{3,6} = (30 - 5) \cdot v' + 0 \Rightarrow 300 = 25 \cdot v' \Rightarrow v' = 12 \text{ m/s}$

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:

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

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

$$v_f = 4 \text{ m/s}$$

Pela conservação da quantidade de movimento (antes e após a colisão):

$$Q_{\text{(antes)}} = Q_{\text{(após)}} \\ mv = (m + M) \cdot v_f \Rightarrow$$

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

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

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

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

- b) Conservação da quantidade de movimento do sistema:

$$m_A \cdot v_A = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 \cdot 4 = 2 \cdot v'_A + 5 \cdot 2 \Rightarrow v'_A = -1 \text{ m/s}$$

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  $90^\circ$ , 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:

$$v_{Ax} = v_A \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 0,80 = 1,6 \text{ m/s}$$

$$v_{By} = v_A \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 0,60 = 1,2 \text{ m/s}$$

b) Antes:  $E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$

Após:  $E_c = \frac{m \cdot v_1^2}{2} + \frac{m \cdot v_2^2}{2} = \frac{m}{2} (v_1^2 + v_2^2)$

Mas  $v_1^2 + v_2^2 = v^2$ , portanto:  $E_{c(\text{antes})} = E_{c(\text{depois})}$

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  $v = \frac{2\pi R}{T}$ , 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  $10 \text{ h} = 3,6 \cdot 10^4 \text{ s}$ , 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:

$$F_{cp} = F_g \Rightarrow$$

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

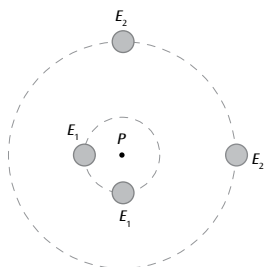
$$R^3 = \frac{6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 1,9 \cdot 10^{27}}{4\pi^2 \cdot (3,6 \cdot 10^4)^2} = 4,18 \cdot 10^{24} \Rightarrow$$

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

$$\text{Porém, } R = R_j + H \Rightarrow$$

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

24. a) Após 15 dias cada estrela terá percorrido 1 volta +  $\frac{1}{4}$  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  $E_2 \Rightarrow v_2 = 2 \cdot \pi \cdot R_2$

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

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

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

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

Em  $E_2$  esta força é a resultante centrípeta, logo:

$$F = M_2 \cdot a_{c2} = M_2 \cdot (\omega_2)^2 \cdot R_2 =$$

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

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

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

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

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

### FR.07

25. d

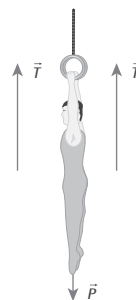
$$Q_{\text{(angular)}} = Q_{\text{(linear)}} \cdot r$$

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

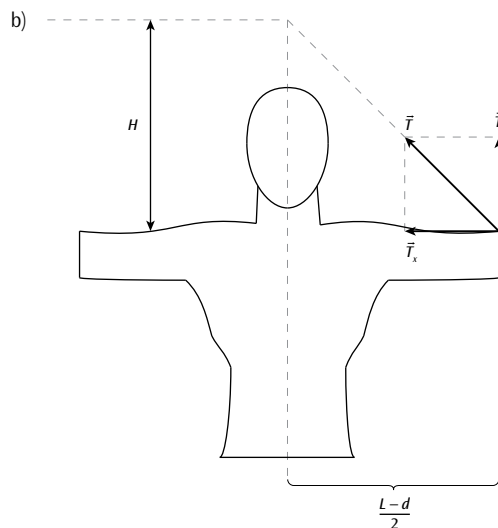
$$[Q_{\text{(angular)}}] = M \cdot L \cdot T^{-1} \cdot L$$

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

26. a) Na situação de equilíbrio, temos:



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

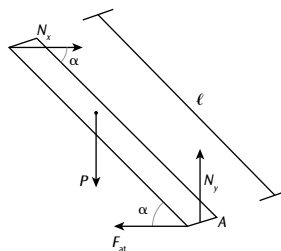


Na vertical, temos:  $2T'_y = P \Rightarrow T'_y = 300 \text{ N}$

Utilizando semelhança de triângulos:

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

27. a)



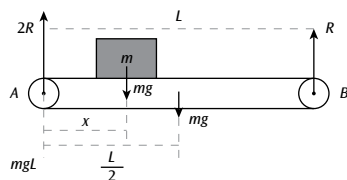
- b) O menor ângulo  $\alpha$  na condição descrita é aquele em que a barra está na iminência de escorregamento, então a força de atrito estático é máxima dada por:  $f_{at} = \mu \cdot N_y$   
 Como:  $N_y = P$  (equilíbrio de forças na vertical)  
 e  $N_x = f_{at}$  (equilíbrio de forças na horizontal), então:  
 $N_x = \mu \cdot N_y = \mu \cdot P$   
 E ainda da condição de equilíbrio da rotação, em relação ao ponto A:

$$N_x \cdot L \cdot \sin \alpha = P \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \mu \cdot P \cdot \sin \alpha = P \cdot \frac{\cos \alpha}{2} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{1}{2\mu}$$

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:

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

$$\Rightarrow m \cdot g \cdot x + m \cdot g \cdot \frac{L}{2} = \frac{4}{3} m \cdot g \cdot L \Rightarrow$$

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

## FR.08

29. a)

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

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

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 esferaComo  $\mu_2 > \mu_1 \Rightarrow$  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  $\Rightarrow P = 300 \text{ N}$
- 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)  $E + T = P$   
 $E = P - T \Rightarrow E = 300 - 100 = 200 \text{ N}$

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:

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

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

32. O volume ocupado pela esfera irá mover um volume igual de água. Dessa maneira, o volume de água irá aumentar de  $5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$ . Como a área da base do recipiente é de  $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ , pode-se determinar a variação de altura que a água sofreu:
- $$V = A_b \cdot H \Rightarrow 5 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot H \Rightarrow H = 0,025 \text{ m} = 2,5 \text{ cm}$$
- Agora, a variação de pressão é dada por:
- $$\Delta p = d \cdot g \cdot H = 1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,025 = 250 \text{ Pa}$$

## FR.09

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

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

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

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

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:

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

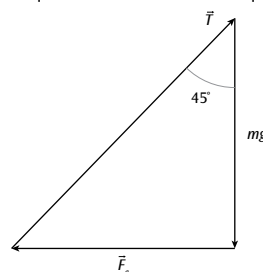
Como a partícula retorna para a posição inicial, temos  $\Delta s = 0$ .

Considerando a orientação da trajetória para cima, temos:

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

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

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



$$\frac{F_e}{m \cdot g} = \tan 45^\circ = 1 \Rightarrow F_e = m \cdot g$$

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

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

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

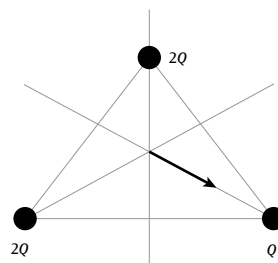
$$\text{Assim, } V = \frac{3 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 1 \cdot 10^{-9}}{0,58} = 47 \text{ V}$$

- 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.

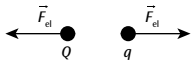
O módulo deste arranjo será:

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

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



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



Trata-se de uma repulsão.

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

$$\Delta E_p = -\frac{k_0 \cdot Q \cdot q}{d} + \frac{k_0 \cdot Q \cdot q}{4d} = \frac{-4k_0 \cdot Q \cdot q + k_0 \cdot Q \cdot q}{4d} = -\frac{3k_0 \cdot Q \cdot q}{4d}$$

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

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

d) Pelo teorema da energia cinética (TEC):

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

### FR.10

37. d

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Portanto:

$$\Delta T_2 = 2\Delta T_1, \text{ pois } \mathcal{P}_2 = 2\mathcal{P}_1$$

$$\Delta T_2 = 2 \cdot 10 = 20^\circ \text{C}$$

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

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

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

b) Pelo gráfico da figura 1, temos que, para  $R \approx 4 \Omega$  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:

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

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

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

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

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

A potência do chuveiro na posição I é dada por:

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

A energia elétrica gasta pelo mesmo chuveiro na posição I:

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

Assim, a economia de energia será:

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

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.

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

Combinando (I) e (II), temos:

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

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  $R_p = 3 \Omega$ .

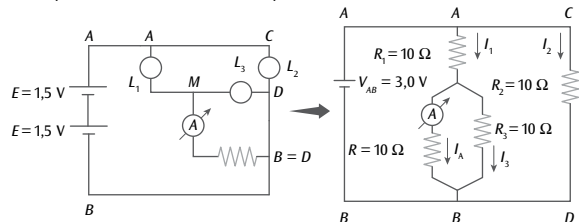
Como  $R_s$  e  $R_p$  estão em série entre si, a resistência equivalente da associação é:

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

### FR.11

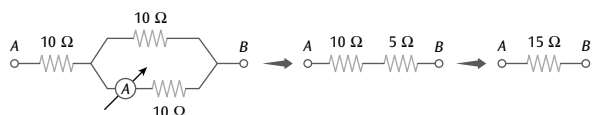
41. a

Representando o circuito esquematicamente:



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

Cálculo do resistor equivalente entre os pontos A e B:



Portanto:

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

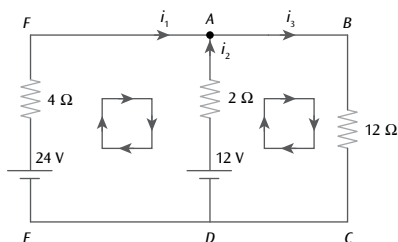
No resistor  $R_1$ :  $U_1 = R_1 \cdot i_1 = 10 \cdot 0,2 = 2 \text{ V}$

No resistor  $R_3$ :  $U_3 = R_3 \cdot i_3 \Rightarrow$

$$\Rightarrow 1 = 10 \cdot i_3 \Rightarrow i_3 = 0,1 \text{ A}$$

(corrente no amperímetro)

42. Considere o esquema a seguir:



Pelas leis de Kirchhoff:

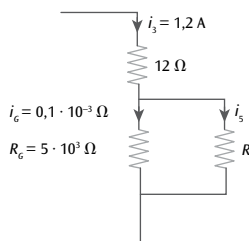
No nó A:  $i_1 + i_2 = i_3$  (1)

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:  $i_3 = 1,2 \text{ A}$

Inserindo-se o galvanômetro com o resistor  $R$  em paralelo e considerando que a associação seja percorrida por  $1,2 \text{ A}$ , temos:



Assim:

$$i_3 = i_g + i_5$$

$$1,2 = 0,1 \cdot 10^{-3} + i_5$$

$$i_5 = 1,1999 \text{ A}$$

Como  $R_g$  e  $R$  estão em paralelo:

$$U_R = U_{R_g}$$

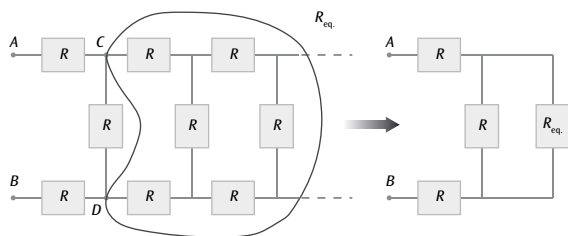
$$R \cdot i_5 = R_g \cdot i_g$$

$$R \cdot 1,1999 = 5 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}$$

$$R \approx 0,42 \Omega$$

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 2ª 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  $2,5 \text{ V}$ , a corrente que a atravessa é de  $0,04 \text{ A}$ . Como a lâmpada está em série com o resistor, eles são percorridos pela mesma corrente elétrica e, portanto, temos:

$$i_R = i_L \therefore i_R = 0,04 \text{ A}$$

b) A tensão total de  $4,5 \text{ V}$  divide-se entre a lâmpada e o resistor.

$$U_T = U_L + U_R$$

$$4,5 = 2,5 + U_R \Rightarrow U_R = 2,0 \text{ V}$$

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:  $F_M = P_1 \Rightarrow B \cdot i \cdot \ell = m \cdot g \cdot \sin 30^\circ$

$$B \cdot i \cdot \ell = 5 \cdot 10 \cdot 0,5 \Rightarrow B \cdot i = 25 \text{ (I)}$$

Por outro lado:

$$\mathcal{E} = B \cdot \ell \cdot v$$

$$R \cdot i = B \cdot \ell \cdot v$$

$$2 \cdot i = B \cdot \ell \cdot 2 \Rightarrow i = B \quad \text{(II)}$$

De (I) e (II), vem:

$$B \cdot B = 25 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow B^2 = 25 \Rightarrow B = 5 \text{ T}$$

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:

$$B_1 = |B_A + B_B - B_C| = |B + 2B - 3B| = 0$$

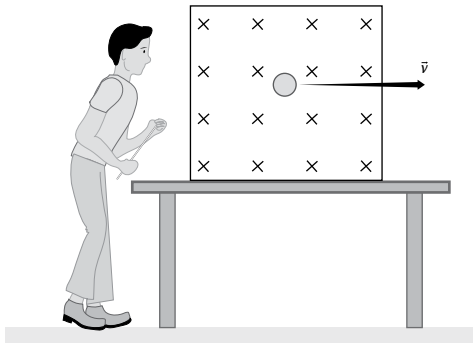
$$B_2 = |B_A + B_B + B_C| = |B + 2B + 3B| = 6B$$

$$B_3 = |-B_A + B_B + B_C| = |-B + 2B + 3B| = 4B$$

$$B_4 = |B_A - B_B + B_C| = |B - 2B + 3B| = 2B$$

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.



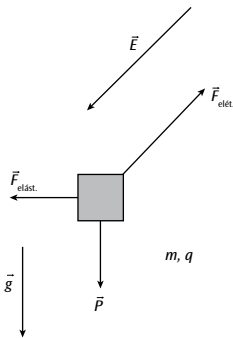
- b) Para que a altura permaneça constante, tem-se que a força resultante sobre o corpo é nula, e dessa maneira:

$$F_{\text{mag}} = P \Rightarrow B \cdot q \cdot v \cdot \sin 90^\circ = m \cdot g$$

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

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:  $F_{\text{elét.}}^2 = F_{\text{elást.}}^2 + P^2$

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

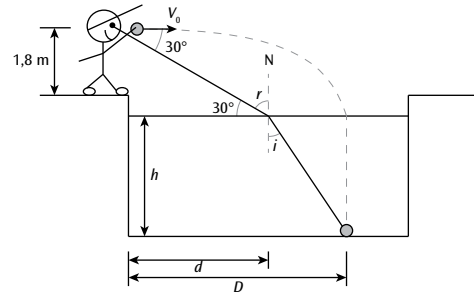
A lente plano-convexa obtida possui raio de curvatura:  $R = 2,5 \text{ mm} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$  (diâmetro do furo igual a 5 mm)  
Pela equação dos fabricantes de lentes:

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

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

50. c

A figura a seguir representa a situação:



Tempo de queda até atingir a superfície da água.

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

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

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

Pela figura, temos:

$$\frac{1,8}{d} = \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} \Rightarrow d = 1,8\sqrt{3} \text{ m}$$

Aplicando a lei de Snell:

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

$$\frac{5\sqrt{3}}{6} \cdot \sin i = 1,0 \cdot \sin 60^\circ$$

$$\frac{5\sqrt{3}}{6} \cdot \sin i = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \sin i = 0,6$$

Pela relação fundamental da trigonometria, temos:

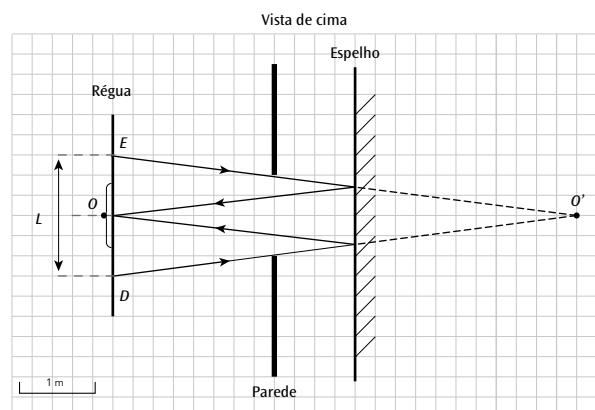
$$\sin^2 i + \cos^2 i = 1 \Rightarrow 0,6^2 + \cos^2 i = 1 \Rightarrow \cos i = 0,8$$

Pela figura, temos

$$\frac{D - d}{h} = \tan i = \frac{\sin i}{\cos i}$$

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

51. a)



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

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

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

$$I_0 = \frac{P_0}{4\pi \cdot d^2} = \frac{24}{4\pi \cdot 2^2} = 0,5 \text{ W/m}^2$$

Intensidade após atravessar o polarizador:

$$I = I_0 \cdot \cos^2 \theta = 0,5 \cdot \cos^2 60^\circ = 0,5 \cdot (0,5)^2$$

$$I = 0,125 \text{ W/m}^2$$

- b) Sendo o ângulo entre o raio refratado e o raio refletido de  $90^\circ$ , temos:

$$\theta_r + 90^\circ + \theta_b = 180^\circ$$

$$\theta_r + 90^\circ + 60^\circ = 180^\circ \Rightarrow \theta_r = 30^\circ$$

Aplicando a lei de Snell:

$$n_1 \cdot \sin \theta_b = n_2 \cdot \sin \theta_r$$

$$1,0 \cdot \sin 60^\circ = n_2 \cdot \sin 30^\circ$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = n_2 \cdot \frac{1}{2} \therefore n_2 = \sqrt{3}$$

#### 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

$$\text{é } \frac{\lambda}{2}. \text{ Assim: } L = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2L$$

- 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:

$$f_{ar} = f_c \Rightarrow \frac{v_s}{\lambda_{ar}} = \frac{v_c}{\lambda_c} \quad (\text{para o maior comprimento de onda, temos } \lambda_c = 2L)$$

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  $\cos(2 \cdot \omega) = \cos^2 \omega - \sin^2 \omega$  e considerando a relação fundamental da trigonometria ( $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ ), temos:

$$\cos(2 \cdot \omega) = 2\cos^2(\omega) - 1$$

$$\frac{x_0 - a - b}{x_0} = 2 \cdot \left( \frac{x_0 - a}{x_0} \right)^2 - 1$$

$$\frac{x_0 - a - b}{x_0} = \frac{2x_0^2 - 4x_0 \cdot a + 2a^2 - x_0^2}{x_0^2}$$

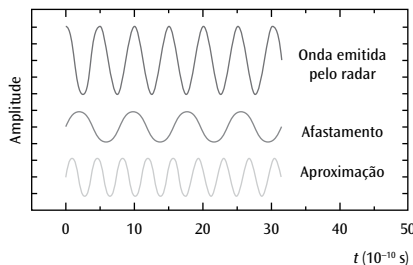
$$x_0^2 - x_0 \cdot a - x_0 \cdot b = x_0^2 - 4x_0 \cdot a + 2a^2$$

$$3x_0 \cdot a - x_0 \cdot b = 2a^2 \therefore x_0 = \frac{2a^2}{3a - b}$$

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:

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow \lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot 5 \cdot 10^{-10} = 0,15 \text{ m}$$

- 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:

$$\rho = \frac{4\mu}{\pi \cdot d^2} \Rightarrow \mu = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \rho}{4}$$

Por sua vez, a velocidade de propagação de uma onda transversal em uma corda de densidade linear  $\mu$  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:

$$v' = \frac{2}{d} \cdot \sqrt{\frac{4T}{\pi \cdot \rho}} = 4 \cdot \left( \frac{2}{d} \cdot \sqrt{\frac{T}{\pi \cdot \rho}} \right) \therefore v' = 4v$$

- c) A frequência fundamental na corda original é:

$$f_1 = \frac{v}{2 \cdot L}$$

e na nova corda é:

$$f'_1 = \frac{v'}{2 \cdot L} = \frac{4v}{2 \cdot L} = 4 \cdot f_1 = 4 \cdot 420 \therefore f'_1 = 1.640 \text{ Hz}$$

#### FR.15

##### 57. c

A vazão da água é dada por:

$$V_a = \frac{V}{\Delta t} \Rightarrow V = V_a \cdot \Delta t \quad (1)$$

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

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

$$12 \cdot (T - 85) + 18 \cdot (40 - 20) = 0$$

$$12T - 1.020 + 360 = 0$$

$$12T = 660$$

$$T = 55^\circ\text{C}$$

58. a) Potência total incidente na placa:

$$\mathcal{P} = I \cdot A = 400 \text{ W/m}^2 \cdot 2 \text{ m}^2 = 800 \text{ W}$$

Calor absorvido pelo ar em 1 min:

$$Q = P \cdot \Delta t = 800 \text{ W} \cdot 60 \text{ s} = 48.000 \text{ J}$$

Varição da temperatura do ar em 1 min.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta \theta$$

$$48.000 = 6 \cdot 1.000 \cdot \Delta \theta \therefore \Delta \theta = 8^\circ\text{C}$$

- b) Transformação isobárica:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow p_2 \cdot T_2 = p_1 \cdot T_1$$

$$p_2 \cdot 300 = 1,2 \cdot 290 \therefore p_2 = 1,16 \text{ kg/m}^3$$

59. a)

A temperatura final de equilíbrio é  $0^\circ\text{C}$ , pois no final ainda haverá gelo. Considerando o sistema termicamente isolado, temos:

$$Q_{\text{gelo}} + Q_{\text{cobre}} = 0$$

$$m_g \cdot L_f + m_{\text{cu}} \cdot c_{\text{cu}} \cdot \Delta \theta_{\text{cu}} = 0$$

$$m_g \cdot 80 + 30 \cdot 0,096 \cdot (0 - 100) = 0$$

$$m_g = \frac{288}{80} = 3,6 \text{ g}$$

Considerando a densidade do gelo, temos:

$$d_g = \frac{m_g}{V_g} \Rightarrow 0,92 = \frac{3,6}{V_g} \Rightarrow V_g = 3,9 \text{ cm}^3$$

Somado ao volume inicial da cavidade, temos:

$$V_{\text{final}} = 5 \text{ cm}^3 + 3,9 \text{ cm}^3 = 8,9 \text{ cm}^3$$

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:

$$\alpha_1 = \frac{300 \cdot 10^{-6}}{30} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha_{\text{II}} = \frac{600 \cdot 10^{-6}}{30} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

- 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)  $\mathcal{P} = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow E = \mathcal{P} \cdot \Delta t$

Para 1 s:  $E = 2 \cdot 10^2 \cdot 1 = 2 \cdot 10^2 \text{ J}$

Para  $n$  fótons, temos:  $E = n \cdot h \cdot f = \frac{n \cdot h \cdot v}{\lambda}$

$$2 \cdot 10^2 = \frac{n \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,3 \cdot 10^{-7}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 \cdot 10^2 = n \cdot 6,02 \cdot 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{2 \cdot 10^2}{6,02 \cdot 10^{-19}} = 3,3 \cdot 10^{20} \text{ fótons}$$

- 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:

$$p_B \cdot V_B = p_C \cdot V_C$$

$$2p \cdot V = p_C \cdot \frac{3V}{2}$$

$$p_C = \frac{4p}{3}$$

A transformação de A para B é isovolumétrica:

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$$

$$\frac{p}{300} = \frac{2p}{T}$$

$$T = 600 \text{ K}$$

63. a) Número de mols de  $\text{CO}_2$  no extintor:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{6.000}{44} \approx 136 \text{ mol}$$

Volume de  $\text{CO}_2$ , em  $\text{m}^3$ :

$$V = 1.800 \text{ cm}^3 = 1,8 \cdot 10^3 \cdot (10^{-2} \text{ m})^3 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Aplicando a equação de Clapeyron:

$$p = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{136 \cdot 8,3 \cdot 300}{1,8 \cdot 10^{-3}} \therefore p \approx 1,9 \cdot 10^8 \text{ Pa}$$

- b) Estimando a massa total do extintor como  $M_{\text{ext.}} \approx 20 \text{ kg}$  e considerando que o sistema seja mecanicamente isolado, temos:

$$m \cdot v = M_{\text{ext.}} \cdot v_{\text{ext.}}$$

$$50 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 20 v_{\text{ext.}}$$

$$v_{\text{ext.}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} = 5 \text{ cm/s}$$

64. b)

Trabalho realizado no processo LMN:

$$W_{LMN} = W_{LM} + W_{MN}$$

$$W_{LMN} = p(4V - V) + 0 \Rightarrow W_{LMN} = 3p \cdot V$$

Varição da energia interna no processo LMN:

$$\Delta U_{LMN} = U_N - U_L$$

$$\Delta U_{LMN} = \frac{3}{2} \cdot 4p \cdot 4V - \frac{3}{2} p \cdot V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U_{LMN} = \frac{45}{2} \cdot p \cdot V$$

Primeira lei da termodinâmica:

$$Q_{LMN} = \Delta U_{LMN} + W_{LMN}$$

$$Q_{LMN} = \frac{45}{2} \cdot p \cdot V + 3p \cdot V \therefore Q_{LMN} = \frac{51}{2} p \cdot V$$