P.398 a) O período do movimento não depende da amplitude, mas da massa m e da constante elástica k. Calculando o período T para $m = 0,1$ kg e $k = 0,4\pi^2$ N/m, temos:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0,1}{0,4\pi^2}} \Rightarrow \boxed{T = 1\ \text{s}}$$

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{1} \Rightarrow \boxed{f = 1\ \text{Hz}}$$

$$2a = 10\ \text{cm} \Rightarrow \boxed{a = 5\ \text{cm}}$$

b) Calculando o período para $m = 0,3$ kg e $k = 1,2$ N/m, temos:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0,3}{1,2}} \Rightarrow \boxed{T = \pi\ \text{s}}$$

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow \boxed{f = \frac{1}{\pi}\ \text{Hz}}$$

$$2a = 4\ \text{cm} \Rightarrow \boxed{a = 2\ \text{cm}}$$

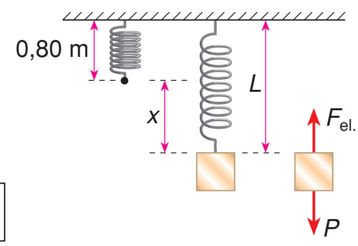
P.399 a) Na posição de equilíbrio:

$F_{el.} = P \Rightarrow kx = mg \Rightarrow$

$\Rightarrow 4x = 0,10 \cdot 10 \Rightarrow x = 0,25$ m

Da figura pode-se observar que:

$$L = 0,80 + 0,25 \Rightarrow \boxed{L = 1,05\ \text{m}} \text{ ou } \boxed{L = 105\ \text{cm}}$$



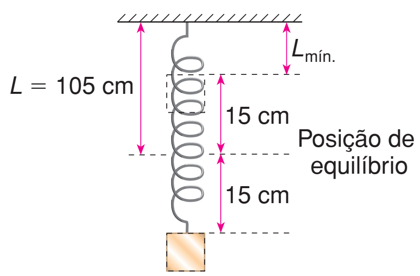
b) Para calcular o intervalo de tempo em que o corpo retorna à posição de partida, basta calcular o período:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0,10}{4}} \Rightarrow \boxed{T \simeq 1\ \text{s}}$$

A amplitude do movimento é $\boxed{a = 15\ \text{cm}}$

Da figura observamos que:

$$L_{mín.} = 105 - 15 \Rightarrow \boxed{L_{mín.} = 90\ \text{cm}}$$



P.400 a) Na posição O de equilíbrio, a energia potencial elástica é nula ($E_p = 0$) e a energia cinética (E_c) é máxima. Temos:

$$E_{mec.} = E_p + E_c \Rightarrow E_{mec.} = 0 + \frac{mv^2_{máx.}}{2} \Rightarrow E_{mec.} = \frac{0,2 \cdot 1^2}{2} \Rightarrow \boxed{E_{mec.} = 0,1 \text{ J}}$$

b) $E_{mec.} = \dfrac{ka^2}{2} \Rightarrow 0,1 = \dfrac{5 \cdot a^2}{2} \Rightarrow \boxed{a = 0,2 \text{ m}}$

c) $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\dfrac{0,2}{5}} \Rightarrow \boxed{T = 0,4\pi \text{ s}}$

P.401 a) Do gráfico tiramos: $\boxed{a = 0,2 \text{ m}}$

b) Quando a mola está deformada de $x = 0,2$ m, a energia potencial elástica acumulada na mola corresponde à energia mecânica do sistema ($E_p = E_{mec.}$). Logo, temos:

$$E_{mec.} = \frac{ka^2}{2} \Rightarrow 10 = \frac{k \cdot (0,2)^2}{2} \Rightarrow \boxed{k = 5 \cdot 10^2 \text{ N/m}}$$

c) $E_p = \dfrac{kx^2}{2} \Rightarrow E_p = \dfrac{5 \cdot 10^2 \cdot (0,1)^2}{2} \Rightarrow \boxed{E_p = 2,5 \text{ J}}$

$$E_{mec.} = E_c + E_p \Rightarrow 10 = E_c + 2,5 \Rightarrow \boxed{E_c = 7,5 \text{ J}}$$

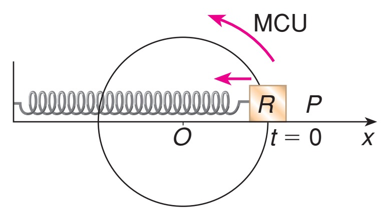
P.402 a) Determina-se, primeiro, o período de oscilação:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0,1}{0,4}} \Rightarrow T = \pi \text{ s}$$

A pulsação ω relaciona-se com o período pela fórmula:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{\pi} \Rightarrow \boxed{\omega = 2 \text{ rad/s}}$$

b) Neste caso, $a = 0,1$ m e $\varphi_0 = 0$, pois em $t = 0$ o móvel está na posição R:



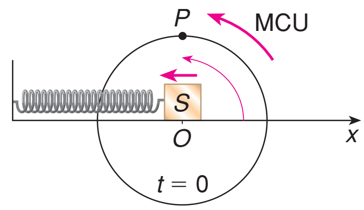
Assim, temos:

$$x = a \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \boxed{x = 0,1 \cdot \cos 2t \text{ (SI)}}$$

$$v = -\omega a \cdot \text{sen}(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \boxed{v = -0,2 \cdot \text{sen } 2t \text{ (SI)}}$$

$$\alpha = -\omega^2 a \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \boxed{\alpha = -0,4 \cdot \cos 2t \text{ (SI)}}$$

c) Neste caso, $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$ rad:



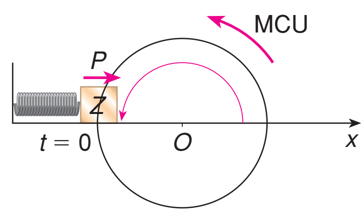
As funções horárias são:

$$\boxed{x = 0{,}1 \cdot \cos\left(2t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (SI)}}$$

$$\boxed{v = -0{,}2 \cdot \text{sen}\left(2t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (SI)}}$$

$$\boxed{\alpha = -0{,}4 \cdot \cos\left(2t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (SI)}}$$

d) A fase inicial é $\varphi_0 = \pi$ rad:



As funções horárias são:

$$\boxed{x = 0{,}1 \cdot \cos\,(2t + \pi) \text{ (SI)}}$$

$$\boxed{v = -0{,}2 \cdot \text{sen}\,(2t + \pi) \text{ (SI)}}$$

$$\boxed{\alpha = -0{,}4 \cdot \cos\,(2t + \pi) \text{ (SI)}}$$

P.403 a) Comparando $x = 0{,}4 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \pi\right)$ com $x = a \cdot \cos\,(\omega t + \varphi_0)$, resulta:

$$\boxed{a = 0{,}4 \text{ m}}\ ;\ \boxed{\omega = \frac{\pi}{2} \text{ rad/s}}\ ;\ \boxed{\varphi_0 = \pi \text{ rad}}$$

O período T é obtido a partir da fórmula:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \frac{\pi}{2} = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \boxed{T = 4 \text{ s}}$$

b) Substituindo os valores de a, ω e φ_0 na expressão da velocidade escalar do MHS, obtemos:

$$v = -\omega a \cdot \text{sen}\,(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow v = -\frac{\pi}{2} \cdot 0{,}4 \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{2}t + \pi\right) \text{ (SI)}$$

Para $t = 1$ s, temos:

$$v = -0{,}2\pi \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{2} \cdot 1 + \pi\right) \Rightarrow v = -0{,}2\pi \cdot \text{sen}\,\frac{3\pi}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = -0{,}2\pi \cdot (-1) \Rightarrow \boxed{v = 0{,}2\pi \text{ m/s}}$$

Para $t = 2$ s, temos:

$$v = -0{,}2\pi \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{2} \cdot 2 + \pi\right) \Rightarrow v = -0{,}2\pi \cdot \text{sen}\,2\pi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = -0{,}2\pi \cdot 0 \Rightarrow \boxed{v = 0}$$

Substituindo a, ω e φ_0 na expressão da aceleração escalar do MHS, obtemos:

$$\alpha = -\omega^2 a \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \alpha = -\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \cdot 0{,}4 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \pi\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = -0{,}1 \cdot \pi^2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \pi\right) \text{ (SI)}$$

Para $t = 1$ s, temos:

$$\alpha = -0{,}1 \cdot \pi^2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot 1 + \pi\right) \Rightarrow \alpha = -0{,}1\pi^2 \cdot \cos\,\frac{3\pi}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = -0{,}1\pi^2 \cdot 0 \Rightarrow \boxed{\alpha = 0}$$

Para $t = 2$ s, temos:

$$\alpha = -0{,}1\pi^2 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot 2 + \pi\right) \Rightarrow \alpha = -0{,}1\pi^2 \cdot \cos\,2\pi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = -0{,}1\pi^2 \cdot 1 \Rightarrow \boxed{\alpha = -0{,}1\pi^2 \text{ m/s}^2}$$

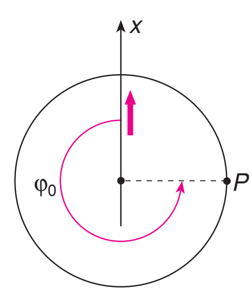
P.404 a) Do gráfico, obtemos:

$$\boxed{a = 0{,}3 \text{ m}}\ ;\ \boxed{T = 2 \text{ s}}\ ;\ \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{2} \Rightarrow \boxed{\omega = \pi \text{ rad/s}}$$

b) Determinemos φ_0. No instante $t = 0$, temos $x = 0$ e, imediatamente após, x é positivo (figura ao lado).

Logo, a fase inicial é dada por: $\varphi_0 = \dfrac{3\pi}{2}$ rad

$$x = a \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \boxed{x = 0{,}3 \cdot \cos\left(\pi t + \frac{3\pi}{2}\right) \text{ (SI)}}$$



P.405 a) Da figura, obtemos: $\boxed{a = 0{,}5\ \text{m}}$

Como $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$, vem: $\omega = \dfrac{2\pi}{2} \Rightarrow \boxed{\omega = \pi\ \text{rad/s}}$

b) $v_{\text{máx.}} = \omega a \Rightarrow v_{\text{máx.}} = \pi \cdot 0{,}5 \Rightarrow \boxed{v_{\text{máx.}} = 0{,}5\pi\ \text{m/s}}$

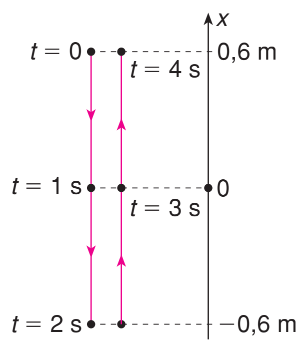
$\alpha_{\text{máx.}} = \omega^2 a \Rightarrow \alpha_{\text{máx.}} = \pi^2 \cdot 0{,}5 \Rightarrow \boxed{\alpha_{\text{máx.}} = 0{,}5\pi^2\ \text{m/s}^2}$

P.406 a) Do gráfico: $\boxed{a = 0{,}6\ \text{m}}$; $T = 4$ s; $\omega = \dfrac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \dfrac{2\pi}{4} \Rightarrow \boxed{\omega = \dfrac{\pi}{2}\ \text{rad/s}}$

$v_{\text{máx.}} = \omega a \Rightarrow \boxed{v_{\text{máx.}} = 0{,}3\pi\ \text{m/s}}$

$\alpha_{\text{máx.}} = \omega^2 a \Rightarrow \boxed{\alpha_{\text{máx.}} = 0{,}15\pi^2\ \text{m/s}^2}$

b) Do gráfico dado, concluímos que:



$t = 0 \begin{cases} v = 0 \\ \alpha = -0{,}15\pi^2\ \text{m/s}^2 \end{cases}$

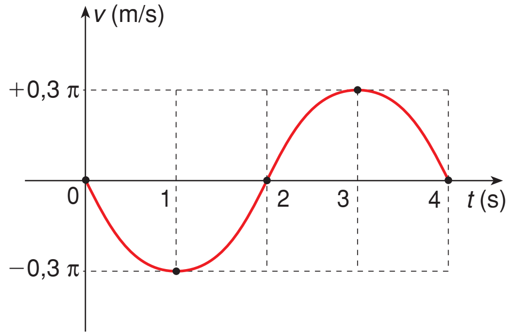
$t = 1\ \text{s} \begin{cases} v = -0{,}3\pi\ \text{m/s} \\ \alpha = 0 \end{cases}$

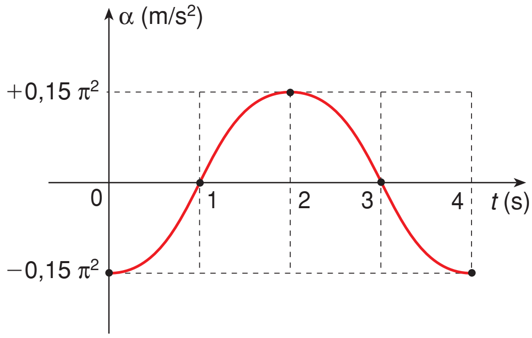
$t = 2\ \text{s} \begin{cases} v = 0 \\ \alpha = 0{,}15\pi^2\ \text{m/s}^2 \end{cases}$

$t = 3\ \text{s} \begin{cases} v = 0{,}3\pi\ \text{m/s} \\ \alpha = 0 \end{cases}$

$t = 4\ \text{s} \begin{cases} v = 0 \\ \alpha = -0{,}15\pi^2\ \text{m/s}^2 \end{cases}$

Com esses resultados, podemos construir os gráficos $v \times t$ e $\alpha \times t$:

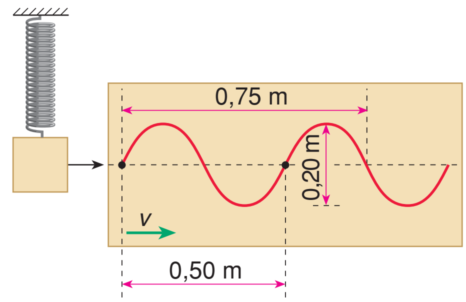




P.407 a) No gráfico observamos que, durante uma oscilação completa do corpo, a fita de papel percorre 0,50 m, com velocidade constante 0,20 m/s:

$s = vt \Rightarrow 0,50 = 0,20 \cdot t \Rightarrow t = 2,5$ s

Esse intervalo de tempo é o período; logo:



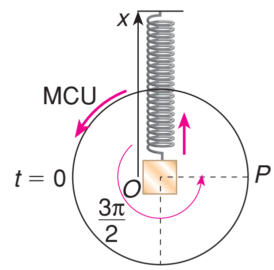
$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{2,5} \Rightarrow \boxed{f = 0,40 \text{ Hz}}$$

Também do gráfico, obtemos: $2a = 0,20 \Rightarrow \boxed{a = 0,10 \text{ m}}$

b) $$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow 2,5 = 2\pi\sqrt{\frac{2}{k}} \Rightarrow 6,25 = 4\pi^2 \cdot \frac{2}{k} \Rightarrow \boxed{k \simeq 12,6 \text{ N/m}}$$

c) No instante $t = 0$, temos a situação ilustrada ao lado.

Nesse caso, temos: $\varphi_0 = \frac{3\pi}{2}$ rad



A função horária do movimento do corpo é dada por:

$x = a \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$. Sendo $a = 0,10$ m, $\varphi_0 = \frac{3\pi}{2}$ rad

e $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2,5}$ rad/s $= 0,8\pi$ rad/s, vem:

$$\boxed{x = 0,10 \cdot \cos\left(0,8\pi t + \frac{3\pi}{2}\right) \text{ (SI)}}$$

P.408 Na situação da figura **a**, a constante elástica é dada por:

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

Logo, na figura **a**, o bloco representado oscila com período T_A dado por:

$$T_A = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_s}} \Rightarrow T_A = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\frac{k}{2}}}$$

Na situação mostrada na figura **b**, a constante elástica é dada por:

$k_p = k + k \Rightarrow k_p = 2k$

Logo, o bloco oscila com período T_B dado por:

$$T_B = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_p}} \Rightarrow T_B = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$$

Como $T_A = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\frac{k}{2}}}$ e $T_B = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$, vem: $\boxed{\frac{T_A}{T_B} = 2}$

P.409 a) Ao ser transportado para o quente verão nordestino, o comprimento L do pêndulo sofrerá dilatação térmica e aumentará. Conseqüentemente, o período de oscilação T também aumentará. Nessas condições, o relógio **atrasará**.

b) Na Lua a aceleração da gravidade g é menor do que na Terra. O período de oscilação do pêndulo aumentará e o relógio **atrasará**.

P.410 a) Da fórmula $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}$, vem:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{67}{10}} \Rightarrow T = 2\sqrt{10}\cdot\sqrt{\frac{67}{10}} \Rightarrow T = 2\sqrt{67} \Rightarrow \boxed{T \simeq 16\ \text{s}}$$

b) O período permaneceria o mesmo, pois não depende da massa da esfera pendular.

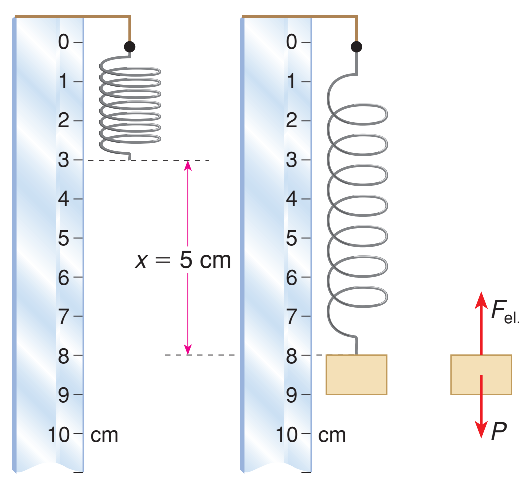
P.411 a) Na posição de equilíbrio, temos:

$F_{el.} = P$

$kx = mg$

$k \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 400 \cdot 10^{-3} \cdot 10$

$\boxed{k = 80\ \text{N/m}}$



b) O corpo descreveria um MHS cujo período é dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{400\cdot 10^{-3}}{80}} \Rightarrow \boxed{T \simeq 0{,}44\ \text{s}}$$

P.412 Dados: $k = 16$ N/m; $m = 4 \cdot 10^{-2}$ kg; $a = 3{,}5 \cdot 10^{-2}$ m

Como $k = m\omega^2$, vem: $16 = 4 \cdot 10^{-2} \cdot \omega^2 \Rightarrow \omega = 20$ rad/s

De $v_{máx.} = \omega a$, obtemos:

$v_{máx.} = 20 \cdot 3{,}5 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \boxed{v_{máx.} = 0{,}70\ \text{m/s}}$

P.413 a) No instante em que o corpo é abandonado, temos: $\boxed{E_c = 0}$

$$E_p = \frac{ka^2}{2} \Rightarrow E_p = \frac{5{,}0 \cdot 10^2 \cdot (0{,}20)^2}{2} \Rightarrow \boxed{E_p = 10\ \text{J}}$$

b) $E_{mec.} = E_c + E_p \Rightarrow \boxed{E_{mec.} = 10\ \text{J}}$

c) De $E_{mec.} = E_c + E_p$, sendo $E_c = E_p$, vem:

$$E_{mec.} = 2E_p \Rightarrow E_{mec.} = 2 \cdot \frac{kx^2}{2} \Rightarrow E_{mec.} = kx^2 \Rightarrow 10 = 5{,}0 \cdot 10^2 \cdot x^2 \Rightarrow$$

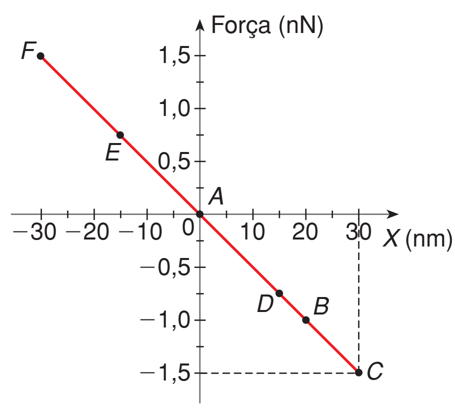
$$\Rightarrow x^2 = \frac{2}{10^2} \Rightarrow x = \pm \frac{\sqrt{2}}{10}\ \text{m} \Rightarrow \boxed{x = \pm 10\sqrt{2}\ \text{cm}}$$

P.414 a) No ponto C do gráfico, temos:

$F = -1{,}5$ nN; $x = 30$ nm

De $F = -kx$, vem:

$$-1{,}5 = -k \cdot 30 \Rightarrow \boxed{k = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{N/m}}$$



b) A massa do tubo oscilante, constituído de 90 átomos de carbono, será dada por:

$m = 90 \cdot 2 \cdot 10^{-26}$ kg $\Rightarrow m = 180 \cdot 10^{-26}$ kg

Pelo princípio da conservação da energia mecânica, vem:

$$E_{mec.(A)} = E_{mec.(C)} \Rightarrow \frac{m \cdot (v_{máx.})^2}{2} = \frac{ka^2}{2}$$

Sendo $a = 30$ nm $= 30 \cdot 10^{-9}$ m a amplitude do MHS, obtemos:

$$\frac{180 \cdot 10^{-26} \cdot (v_{máx.})^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot (30 \cdot 10^{-9})^2}{2} \Rightarrow \boxed{v_{máx.} = 5{,}0 \cdot 10^3\ \text{m/s}}$$

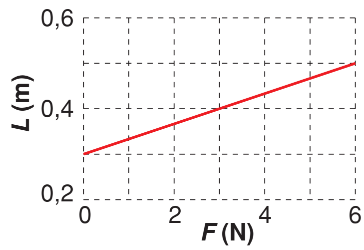
P.415 Comparando $x = 8 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2}t + \pi\right)$ (x em cm e t em s) com $x = a \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$,

obtemos: $\boxed{a = 8\ \text{cm}}$

Portanto:

$$\omega = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \boxed{T = 4\ \text{s}}$$

P.416 a)



No gráfico ao lado, para $F = 6$ N, a deformação sofrida pela mola é:

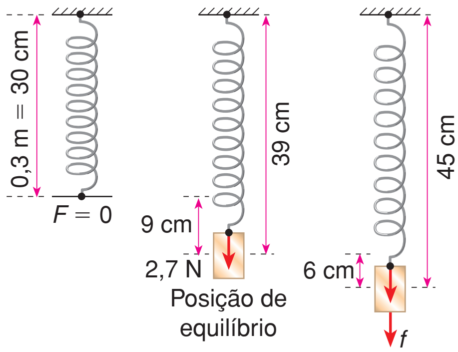
$x = 0{,}5 \text{ m} - 0{,}3 \text{ m} = 0{,}2 \text{ m}$

De $F = kx$, vem:

$6 = k \cdot 0{,}2 \Rightarrow \boxed{k = 30 \text{ N/m}}$

b) Para $F = 2{,}7$ N, temos:

$F = kx \Rightarrow 2{,}7 = 30 \cdot x \Rightarrow \boxed{x = 0{,}09 \text{ m} = 9 \text{ cm}}$

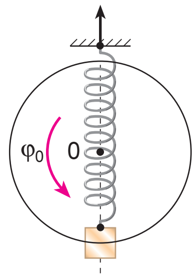


Na sequência de situações indicadas, observe que, quando o comprimento total da mola é 45 cm, o corpo está a 6 cm da posição de equilíbrio. Retirando-se f, o corpo sobe até 6 cm acima da posição de equilíbrio. Assim, o mínimo comprimento por que passa a mola é 33 cm: $\boxed{L_{mín.} = 33 \text{ cm}}$

c) Esse tempo é o período:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{0{,}27}{30}} \Rightarrow \boxed{T \simeq 0{,}6 \text{ s}}$$

d)



- $a = 6 \text{ cm} \Rightarrow a = 0{,}06 \text{ m}$
- $\omega = \dfrac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \dfrac{2\pi}{0{,}6} \Rightarrow \omega \simeq 10{,}4 \text{ rad/s}$
- $\varphi_0 = \pi$ rad

Substituindo-se os valores de a, ω e φ_0 na função horária do movimento, temos:

$x = a \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \boxed{x = 0{,}06 \cdot \cos(10{,}4t + \pi) \text{ (SI)}}$

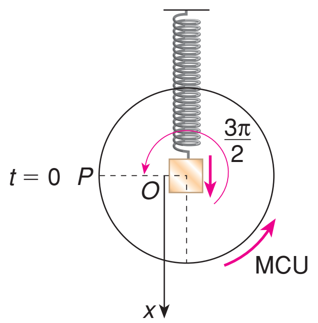
P.417 Como $k = m\omega^2$, vem:

$0{,}32 = 0{,}02 \cdot \omega^2 \Rightarrow \omega = 4 \text{ rad/s}$

Quando a mola se encontra totalmente deformada, a energia mecânica do sistema está na forma de energia potencial elástica. Logo, temos:

$$E_{mec.} = \frac{ka^2}{2} \Rightarrow 16 \cdot 10^{-4} = \frac{0{,}32 \cdot a^2}{2} \Rightarrow a = 0{,}1 \text{ m}$$

Cálculo de φ_0:



Na figura é possível observar que:

$$\varphi_0 = \frac{3\pi}{2} \text{ rad}$$

Com os valores obtidos para ω, a e φ_0, pode-se determinar as funções da posição, velocidade e aceleração, em função do tempo.

Função horária da posição:

$$x = a \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \boxed{x = 0{,}1 \cdot \cos\left(4t + \frac{3\pi}{2}\right) \text{ (SI)}}$$

Função horária da velocidade:

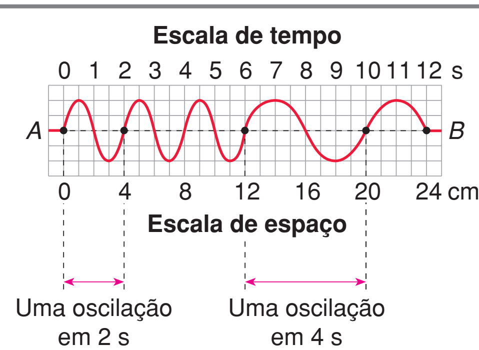
$$v = -\omega a \cdot \text{sen}(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \boxed{v = -0{,}4 \cdot \text{sen}\left(4t + \frac{3\pi}{2}\right) \text{ (SI)}}$$

Função horária da aceleração:

$$\alpha = -\omega^2 a \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \Rightarrow \boxed{\alpha = -1{,}6 \cdot \cos\left(4t + \frac{3\pi}{2}\right) \text{ (SI)}}$$

P.418 a) Na figura dada observamos que a folha percorre 24 cm em 12 s. Logo, sua velocidade será:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{24}{12} \Rightarrow \boxed{v = 2 \text{ cm/s}}$$



b) No intervalo de 0 a 6 s, uma oscilação completa é realizada em 2 s. Portanto:

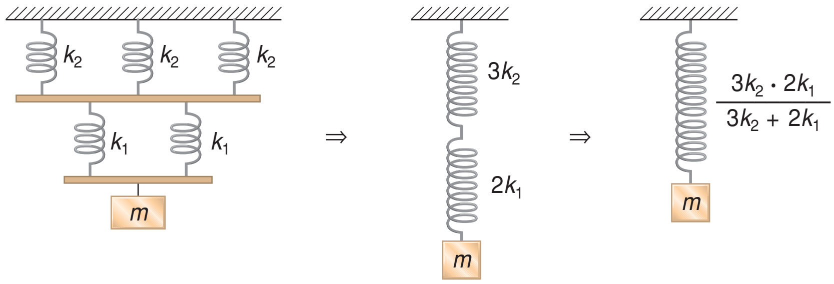
$$T_1 = 2 \text{ s} \qquad f_1 = \frac{1}{T_1} \Rightarrow f_1 = \frac{1}{2} \text{ Hz}$$

No intervalo de 6 s a 12 s, uma oscilação completa é realizada em 4 s. Portanto:

$$T_2 = 4 \text{ s} \qquad f_2 = \frac{1}{T_2} \Rightarrow f_2 = \frac{1}{4} \text{ Hz}$$

Logo: $$\frac{f_1}{f_2} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{4}} \Rightarrow \boxed{\frac{f_1}{f_2} = 2}$$

P.419



Sendo $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_{eq}}}$, vem:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k_{eq}}{m}}$$

$$\boxed{f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{6k_2 \cdot k_1}{m \cdot (3k_2 + 2k_1)}}}$$

P.420 a) A expressão para o período de um pêndulo simples na Terra (T_T) é dada por:

$$T_T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_T}} \quad ①$$

Nessa fórmula, g_T é a aceleração gravitacional na Terra.
De maneira análoga, o período de um pêndulo simples na Lua (T_L) é expresso por:

$$T_L = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g_L}} \quad ②$$

Nessa fórmula, g_L é a aceleração gravitacional na Lua.

Dividindo ② por ①, obtemos: $\frac{T_L}{T_T} = \sqrt{\frac{g_T}{g_L}} \Rightarrow \frac{T_L}{T_T} = \sqrt{\frac{g_T}{\frac{g_T}{6}}} \Rightarrow \frac{T_L}{T_T} = \sqrt{6}$

Como o período do pêndulo na Terra é de 1 s, vem:

$$\frac{T_L}{1} = \sqrt{6} \Rightarrow T_L = \sqrt{6}\ \text{s} \Rightarrow \boxed{T_L \simeq 2{,}45\ \text{s}}$$

b) À medida que o pêndulo fosse removido para uma região livre de ações gravitacionais, a aceleração da gravidade g iria diminuir e o período de oscilação do pêndulo iria aumentar – até tornar-se infinitamente grande, quando totalmente livre das ações gravitacionais.