Módulo III – Energia Potencial e Conservação da Energia

Yuri Zanerippe Miguel

Trabalho realizado pela Força Gravitacional

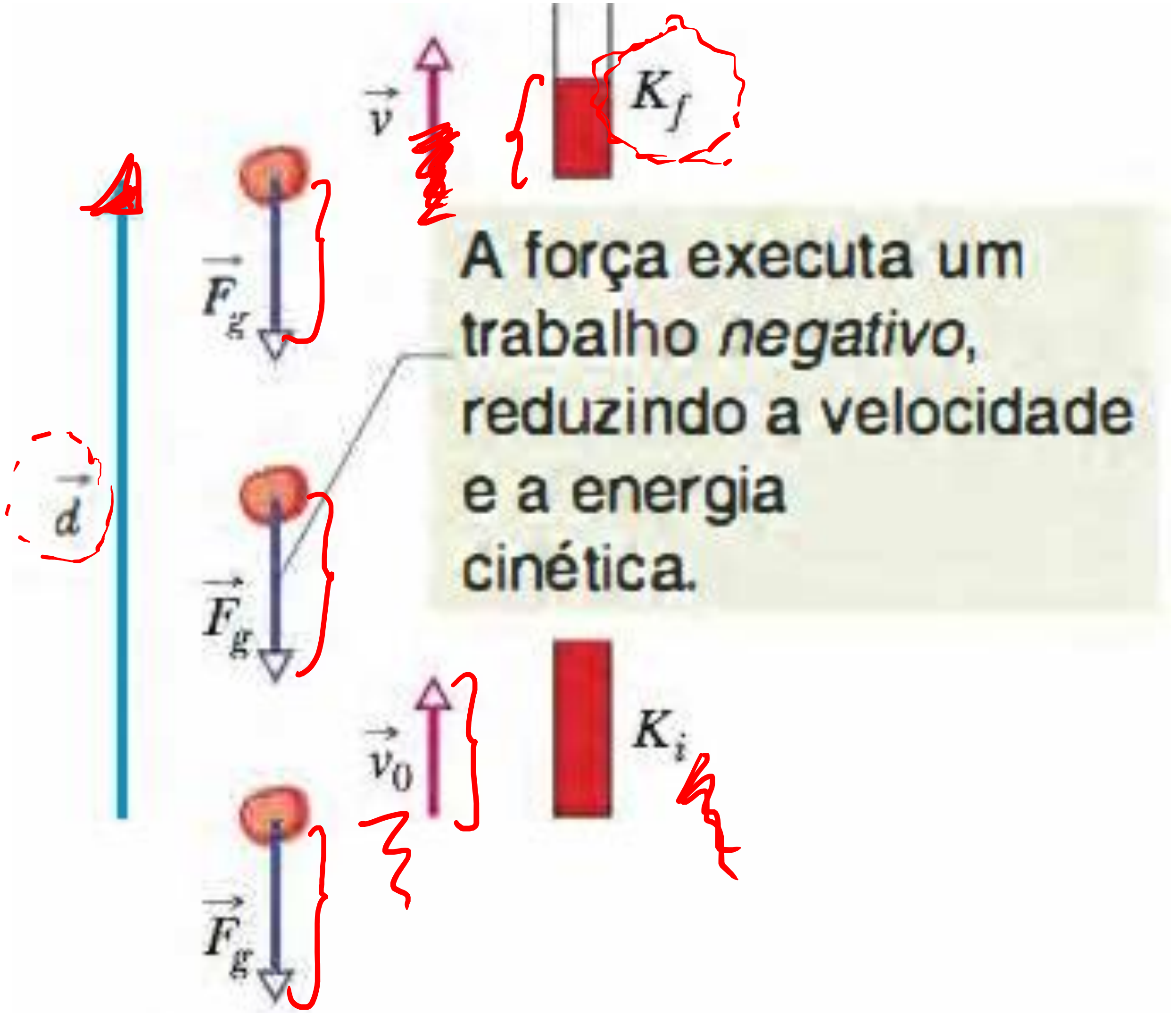
$$W_g = \overbrace{m.g}^{F_g}.d.\cos\phi \rightarrow 180^\circ$$

unidade

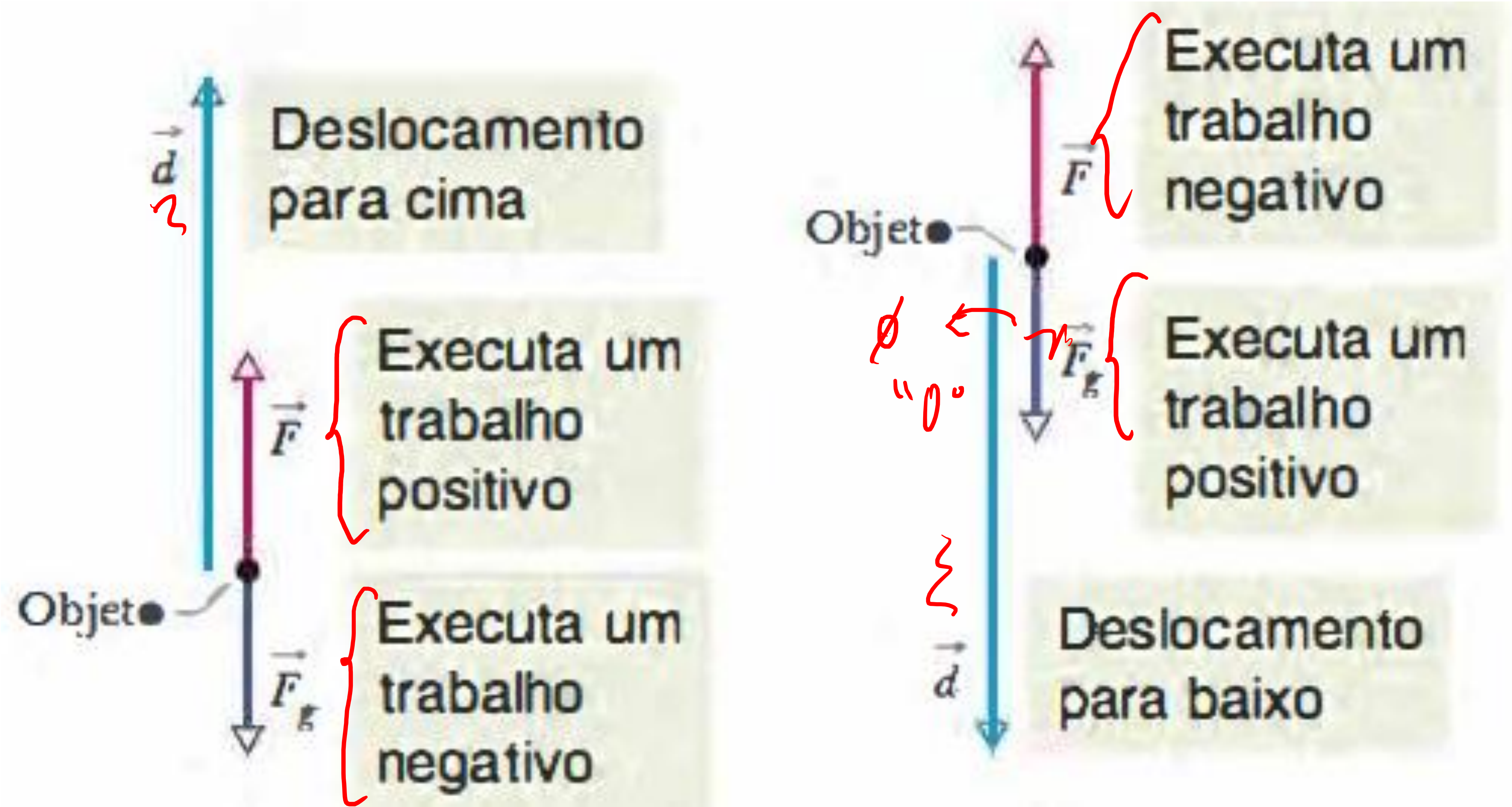
$$1\, joule = 1\,\mathrm{J} = 1\,\frac{\mathrm{kg.m^2}}{\mathrm{s^2}}$$

$$U_g = m.g.h$$

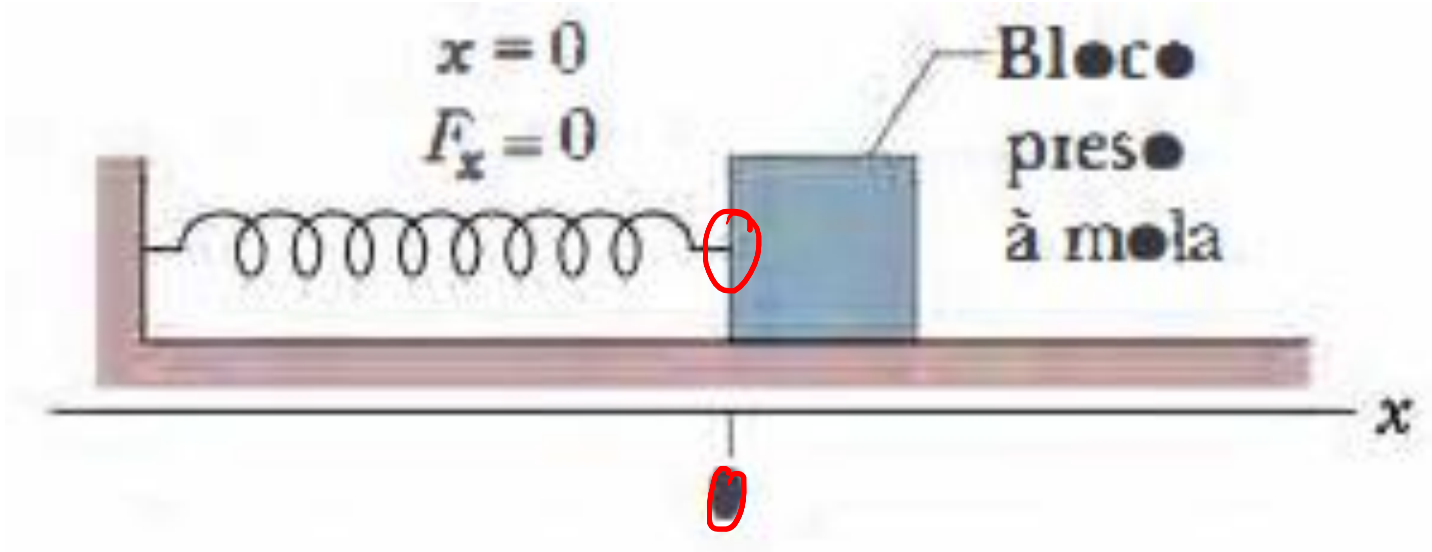
$\hookrightarrow y$



Trabalho realizado para levantar e baixar um objeto

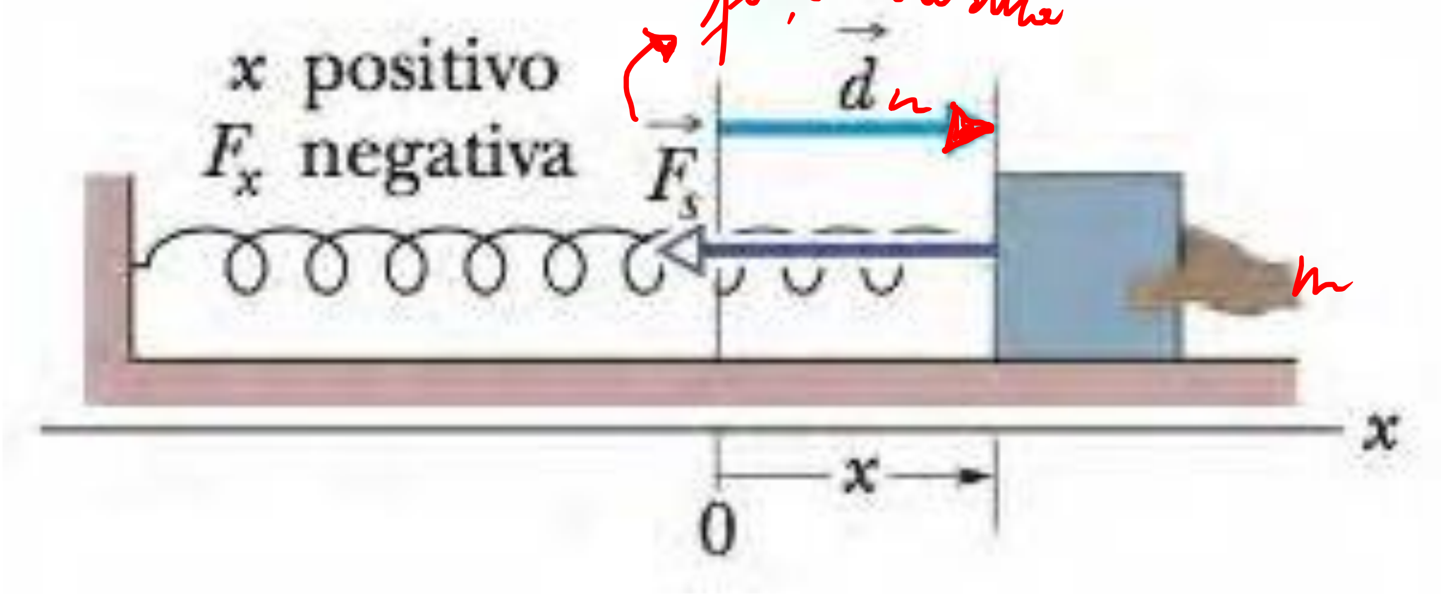


Trabalho realizado por uma Força Elástica

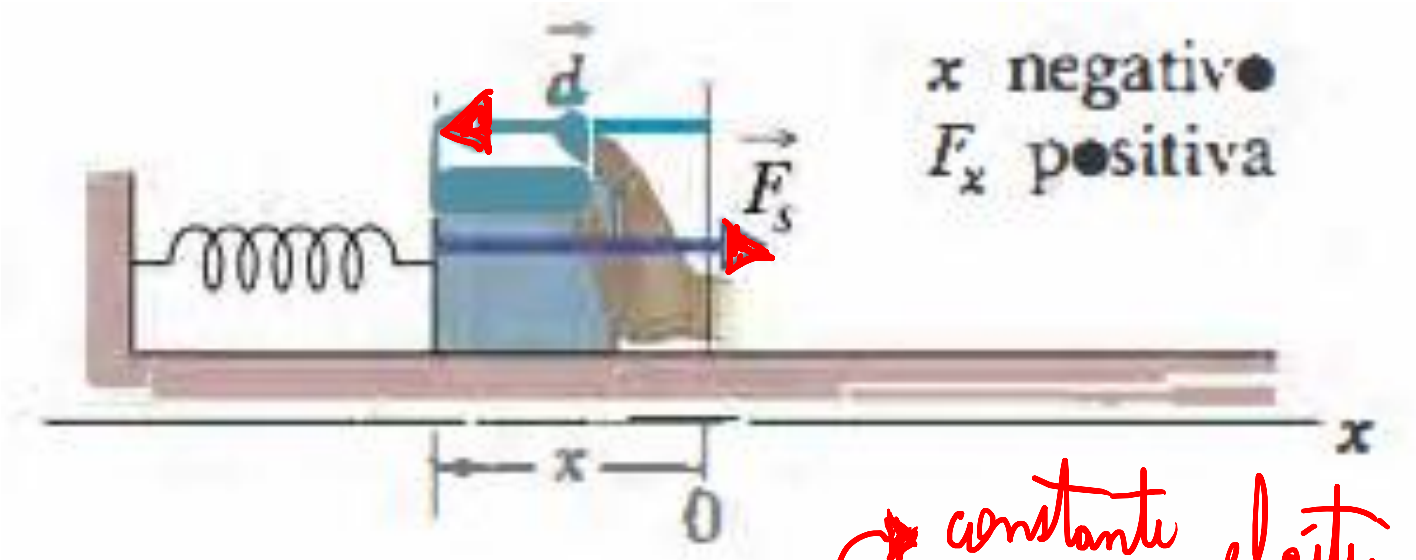


Trabalho realizado por uma Força Elástica

força elástica



Trabalho realizado por uma Força Elástica



constante elástica

$$F_x = -k.x$$

Trabalho realizado por uma Força Elástica

$$W_S = \frac{1}{2}k.\cancel{x_i^2}^{\,0} - \frac{1}{2}k.x_f^2 \Rightarrow \frac{1}{2}k.(x_i^2 - x_f^2)$$

$$Supondo\ que\ x_i = 0\ e\ chamando\ a\ posição\ final\ de\ x, a\ equação\ fica$$

$$W_S = -\frac{1}{2}.k.x^2$$

Potência

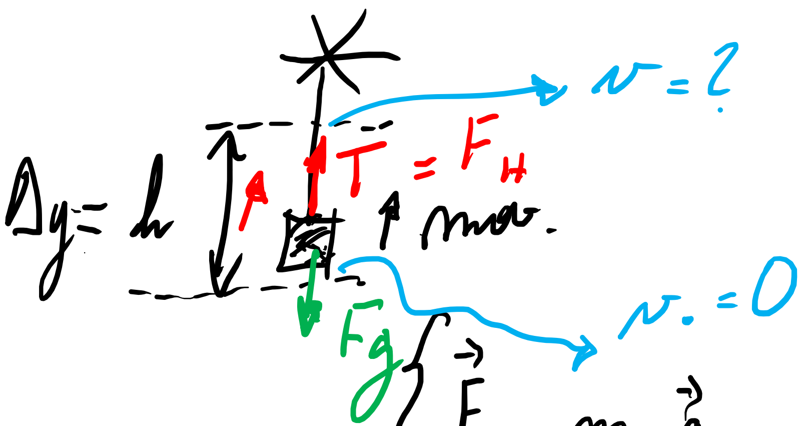
A taxa de variação com o tempo do trabalho realizado por uma força recebe o nome de **potência**. Se uma força realiza um trabalho W em um intervalo de tempo Δt, a **potência média** desenvolvida durante esse intervalo de tempo é

$$P_{méd} = \frac{W}{\Delta t} \; (potência\ média)$$

$$1 \text{ watt} = 1\text{W} = 1\,\frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$P = F.v.\cos\phi$$

•17 Um helicóptero levanta verticalmente, por meio de um cabo, uma astronauta de 72 kg até uma altura 15 m acima da superfície do oceano. A aceleração da astronauta é g/10. Qual é o trabalho realizado sobre a astronauta (a) pela força do helicóptero e (b) pela força gravitacional? Imediatamente antes de a astronauta chegar ao helicóptero, quais são (c) sua energia cinética e (d) sua velocidade?



$\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$

a) $W_{T,F_H} = ?$

$h = 15\,m$

$m = 72\,kg$

$a = \frac{g}{10}\,m/s^2 = \frac{9{,}8}{10}$

$g = 9{,}8\,m/s^2$

$W = F \cdot d \cdot \cos\theta$

$W_T = T \cdot h \cdot \cos\theta$

$W_T = 776{,}16 \cdot 15 \cdot \cos 0°$

$W_T = 1{,}16 \times 10^4\,J \cong 1{,}2 \times 10^4\,J$

$T - F_g = m \cdot a$

$T = m \cdot a + F_g$

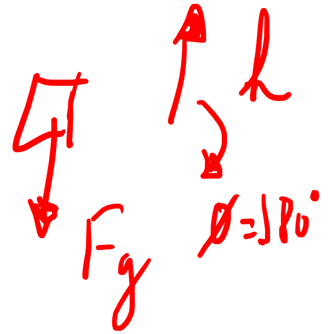
$T = m \cdot a + m \cdot g$

$T = m \cdot (a + g)$

$T = 72 \cdot \left(\frac{9{,}8}{10} + 9{,}8\right)$

$T = 776{,}16\,N$

b)



$$W_g = \overbrace{m.g}^{F_g} . h . \cos\phi$$

$$W_g = 72 . 9{,}8 . 15 . \cos 180°$$

$$W_g \cong -1{,}1 \times 10^4 \text{ J}$$

c) $K = ?$

$$K = \frac{1}{2} . m . v^2 \quad , \quad \Delta K = W$$

$$K - \cancel{K_0}^{\,0} = W_{Total}$$

$$K = W_T$$

$$K = W_g + W_T$$

$$K = -1{,}1 \times 10^4 + 1{,}2 \times 10^4$$

$$K = 0{,}1 \times 10^4 \text{ J}$$

$$K = 1{,}0 \times 10^3 \text{ J}$$

d) $v = ?$

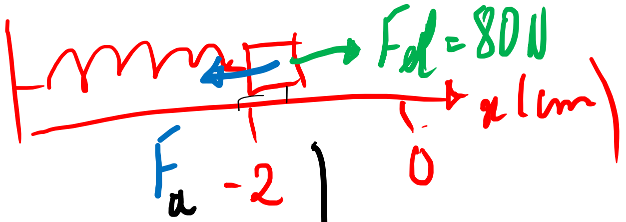
$$K = 1{,}0 \times 10^3 \text{ J}$$

$$K = \frac{1}{2} m . v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 . 1{,}0 \times 10^3}{72}}$$

$$v \cong 5{,}3 \text{ m/s}$$

•**26** Na Fig. 7-9, devemos aplicar uma força de módulo 80 N para manter o bloco estacionário em $x = -2{,}0$ cm. A partir dessa posição, deslocamos o bloco lentamente até que a força aplicada realize um trabalho de +4,0 J sobre o sistema massa–mola. A partir desse instante, o bloco permanece em repouso. Qual é a posição do bloco? (*Sugestão:* existem duas respostas possíveis.)



$F_a = 80$ N

$W_s = \frac{1}{2} k (x_i^2 - x_f^2)$ $\times -1$

$F_{el} = -k \cdot x$

$k = -\frac{F_{el}}{x}$

$k = -\frac{80}{(-2{,}0\times10^{-2})} = 40\times10^{2}$ N/m

$F_R = m \cdot a$

$F_{el} - F_a = 0$

$F_{el} = F_a$

$W_s = -4{,}0$ J

$x_i = -2{,}0\times10^{-2}$ m

$x_f = ?$

$k = ?$

$\sqrt{-\frac{2W_s}{k} + x_i^2} = x_f$

$\sqrt{-\frac{2\cdot(-4{,}0)}{40\times10^{2}} + (2{,}0\times10^{-2})^2} = x_f$

$x_f = \pm 0{,}049$ m $= \pm 4{,}9\times10^{-2}$ m $= \pm 4{,}9$ cm.

••**32** A Fig. 7-36 mostra a força elástica F_x em função da posição x para o sistema massa–mola da Fig. 7-9. A escala vertical do gráfico é definida por $F_s = 160,0$ N. Puxamos o bloco até $x = 12$ cm e o liberamos. Qual é o trabalho realizado pela mola sobre o bloco ao se deslocar de $x_i = +8,0$ cm para (a) $x = +5,0$ cm, (b) $x = -5,0$ cm, (c) $x = -8,0$ cm e (d) $x = -10,0$ cm?

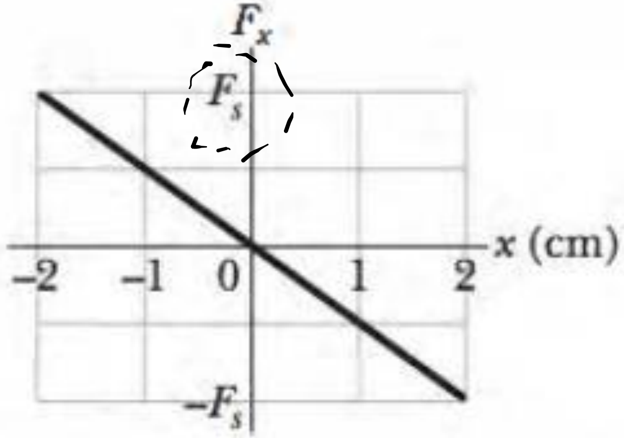


Figura 7-36 Problema 32.

Conservação da Energia Mecânica

$$E_{mec} = K + U$$
$$\Delta K = W \; e \; \Delta U = -W$$
$$Conclui - se\ que: \Delta K = -\Delta U$$
$$\{K_2 + U_2 = K_1 + U_1\}$$
$$Soma\ de\ K\ e\ U\ para\ qualquer\ estado\ do\ sistema =$$
$$Soma\ de\ K\ e\ U\ para\ qualquer\ outro$$

Conservação da Energia Mecânica

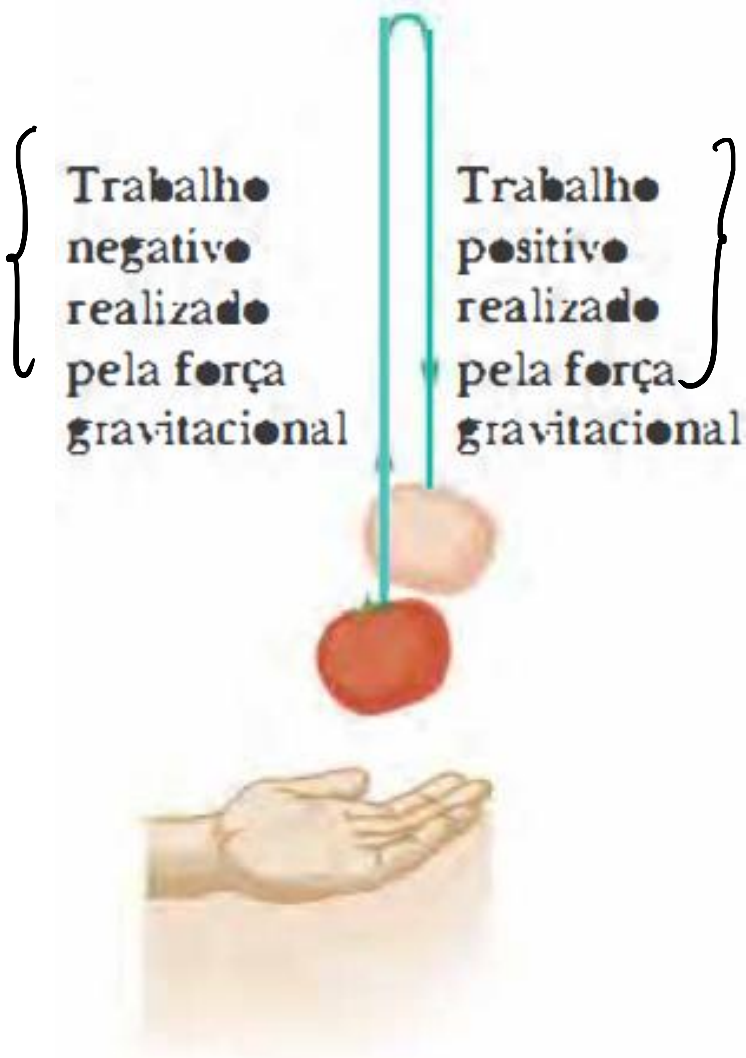
$$\Delta E_{mec} = \Delta K + \Delta U = 0$$

Quando a energia mecânica de um sistema é conservada, podemos igualar a soma da energia potencial em um instante à soma em outro instante sem levar em conta o movimento intermediário e sem calcular o trabalho realizado pelas força envolvidas.

Trabalho e Energia Potencial

$$\Delta U = -W$$

Tanto na subida como na descida, a variação ΔU da energia potencial gravitacional é definida como o negativo do trabalho realizado sobre o tomate pela força gravitacional.



Energia Potencial Gravitacional

$$U(y) = m.g.\underbrace{y}_{\to h}$$

$$\Delta U = m.g.\underbrace{(y - y_0)}_{\Delta y}$$

A energia potencial gravitacional associada a um sistema partícula-Terra depende apenas da posição vertical y (ou altura) da partícula em relação à posição de referência ($y_0 = 0$).

Trabalho Realizado por uma Força Externa sobre um Sistema

Trabalho é a energia transferida para um sistema ou de um sistema através de uma força externa que age sobre o sistema.

(a) O trabalho positivo W realizado sobre um sistema corresponde a uma transferência de energia para o sistema. (b) O trabalho negativo W corresponde a uma transferência de energia para fora do sistema.

•15 Na Fig. 8-33, um caminhão perdeu os freios quando estava descendo uma ladeira a 130 km/h e o motorista dirigiu o veículo para uma rampa de emergência sem atrito com uma inclinação $\theta = 15°$. A massa do caminhão é $1{,}2 \times 10^4$ kg. (a) Qual é o menor comprimento L que a rampa deve ter para que o caminhão pare (momentaneamente) antes de chegar ao final? (Suponha que o caminhão pode ser tratado como uma partícula e justifique essa suposição.) O comprimento mínimo L aumenta, diminui ou permanece o mesmo (b) se a massa do caminhão for menor e (c) se a velocidade for menor?

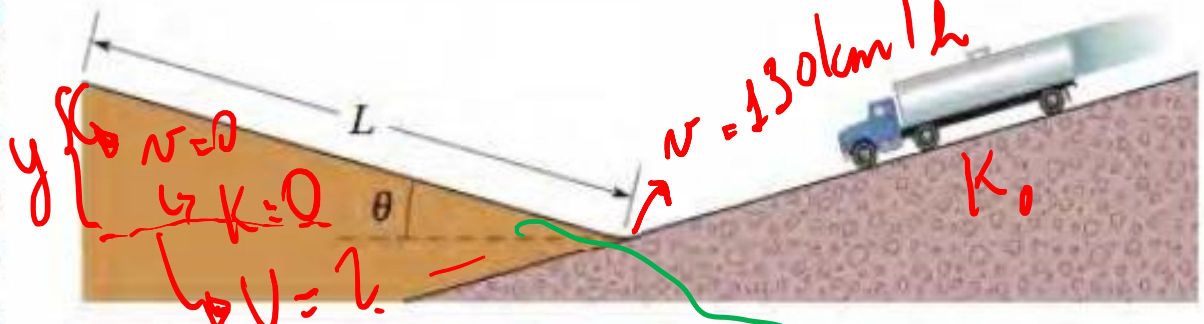


Figura 8-33 Problema 15.

$\cancel{K} + U = K_0 + \cancel{U_0}$

$U = K_0$

$\cancel{m}\cdot g\cdot y = \frac{\cancel{m}\cdot v_0^2}{2}$

$g\cdot y = \frac{v_0^2}{2}$

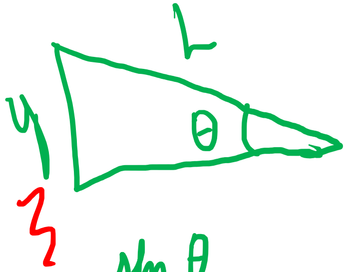
$g = 9{,}8\ m/s^2$

$v = 130 \div 3{,}6$

$v = 36{,}11\ m/s$

$y = \frac{v_0^2}{g\cdot 2} = \frac{36{,}11^2}{9{,}8\cdot 2}$

$y = 66{,}5\ m$



$\sin\theta$

$\sin\theta = \frac{CO}{H} \Rightarrow \sin\theta = \frac{y}{L}$; $y = L\cdot\sin\theta$

$L = \frac{y}{\sin\theta} = \frac{66{,}5}{\sin 15°} = \boxed{257{,}1\ m}$

$L\cdot\sin\theta = \frac{v_0^2}{g\cdot 2}$

$\boxed{L = \frac{v_0^2}{2\cdot g\cdot\sin\theta}}$

••57 Na Fig. 8-52, um bloco desliza ao longo de uma pista, de um nível para outro mais elevado, passando por um vale intermediário. A pista não possui atrito até o bloco atingir o nível mais alto, onde uma força de atrito para o bloco depois que ele percorre uma distância d. A velocidade inicial v_0 do bloco é 6,0 m/s, a diferença de altura h é 1,1 m e μ_k é 0,60. Determine o valor de d.

$$\Delta E_{mec} = \Delta U + \Delta K + W = 0$$

U, W_{fat} ; $v = 0 \Rightarrow K = 0$

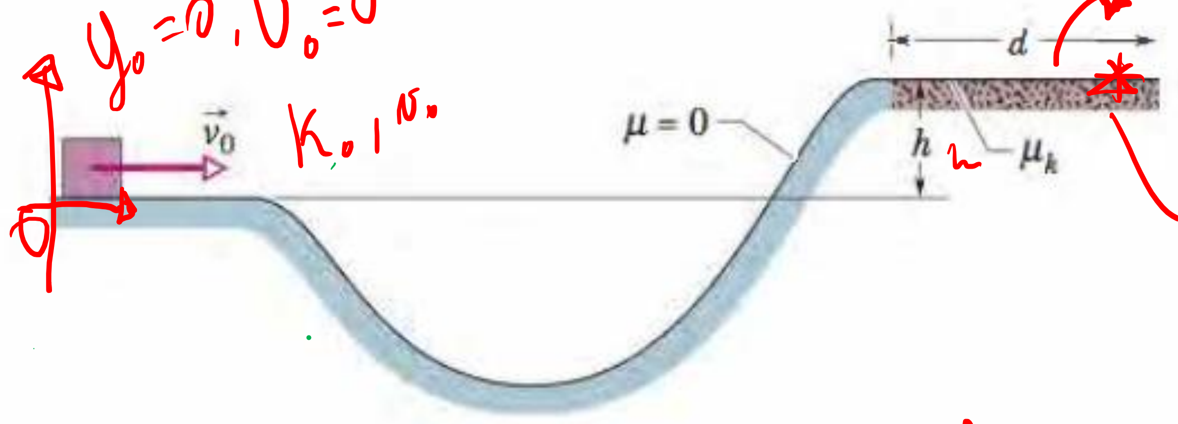


Figura 8-52 Problema 57.

mov

f_{at} ... $v = 0$

d

$\theta = 180°$

$$U + W_{fat} = K_0 \Rightarrow U = K_0 - W_{fat}$$

$$m \cdot g \cdot h + f_{at} \cdot d \cdot \cos\theta = \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

$$d = \left(\frac{m \cdot v_0^2}{2} - m \cdot g \cdot h\right) \cdot \frac{1}{f_{at} \cdot \cos\theta}$$

$$d = \left(\frac{m \cdot v_0^2}{2} - m \cdot g \cdot h\right) \cdot \frac{1}{m \cdot g \cdot \mu_k \cdot \cos\theta}$$

-1

$$d = -\frac{v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_k} + \frac{h}{\mu_k}$$

$$d = \frac{h}{\mu_k} - \frac{v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_k}$$

$$d = \frac{1,1}{0,6} - \frac{6,0^2}{2 \cdot 9,8 \cdot 0,6}$$

$$d = 1,2\ m$$

$$f_{at} = F_N \cdot \mu_K$$

$$f_{at} = m \cdot g \cdot \mu_K$$

••19 A Fig. 8-34 mostra uma pedra de 8,00 kg em repouso sobre uma mola. A mola é comprimida 10,0 cm pela pedra. (a) Qual é a constante elástica da mola? (b) A pedra é empurrada mais 30 cm para baixo e liberada. Qual é a energia potencial elástica da mola comprimida antes de ser liberada? (c) Qual é a variação da energia potencial gravitacional do sistema pedra-Terra quando a pedra se desloca do ponto onde foi liberada até a altura máxima? (d) Qual é essa altura máxima, medida a partir do ponto onde a pedra foi liberada?

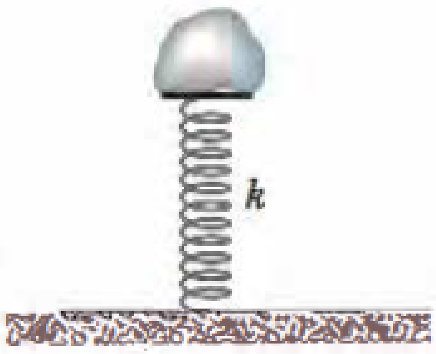


Figura 8-34 Problema 19.