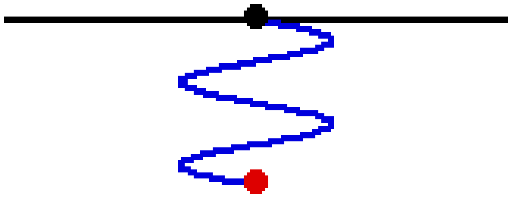
1ª Aula do Cap. 08

Energia Potencial e Conservação de Energia



Conteúdo:

- **Energia Potencial "*U*" gravitacional e Energia Potencial elástica.**
- **Força gravitacional e Força elástica.**
- **Conservação da Energia Mecânica.**
- **Forças conservativas e dissipativas.**
- **Energia Quantizada.**
- **Generalização da lei de conservação de energia**

Referência:

Halliday, David; Resnick, Robert & Walker, Jearl. Fundamentos de Física, Vol 1. Cap. 08 da 7ª. ed. Rio de Janeiro: LTC,2006.

Energia Potencial

Para descrever os movimentos, baseando-nos em conceitos de energia, precisamos definir mais um tipo de…

…grandeza escalar associada a um estado de um ou mais corpos.

A **energia potencial *U*** é a energia que pode ser associada com a configuração (ou arranjo) de um sistema de objetos, que exercem forças um sobre os outros. Se a configuração muda, a energia potencial também pode mudar.

Relação entre energia potencial e trabalho:

$$\Delta U = -W$$

Energia potencial: Definição

Variação de energia potencial (movimento unidimensional)

$$\Delta U = -W = -\int_{x_0}^{x} F(x)dx$$

define uma configuração de referência $\boldsymbol{x_0}$ e $\boldsymbol{x}$ uma configuração geral

Energia potencial para uma dada configuração $\boldsymbol{x}$:

$$\boxed{U(x) = U(x_0) + \Delta U = U(x_0) - \int_{x_0}^{x} F(x)dx}$$

Do ponto de vista físico, apenas as **variações** de energia potencial são relevantes. Pode-se sempre atribuir o valor zero à configuração de referência:

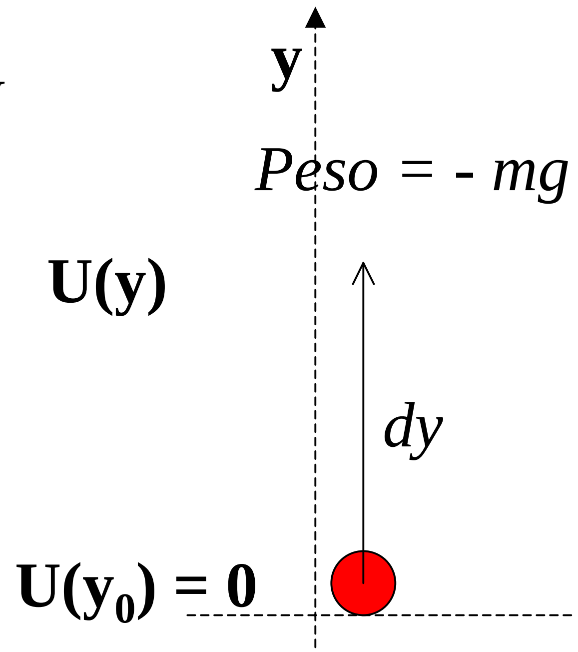
$$U(x_0) = 0$$

Energia potencial gavitacional

Força peso (sistema isolado: bola-Terra)

$$\Delta U = -W$$

$$U(y) = U(y_0) - \int_{y_0}^{y} F(y)\,dy$$



ou $$U(y) = 0 - \int_{0}^{y} (-mg)\,dy$$

$$\boxed{U(y) = mgy}$$

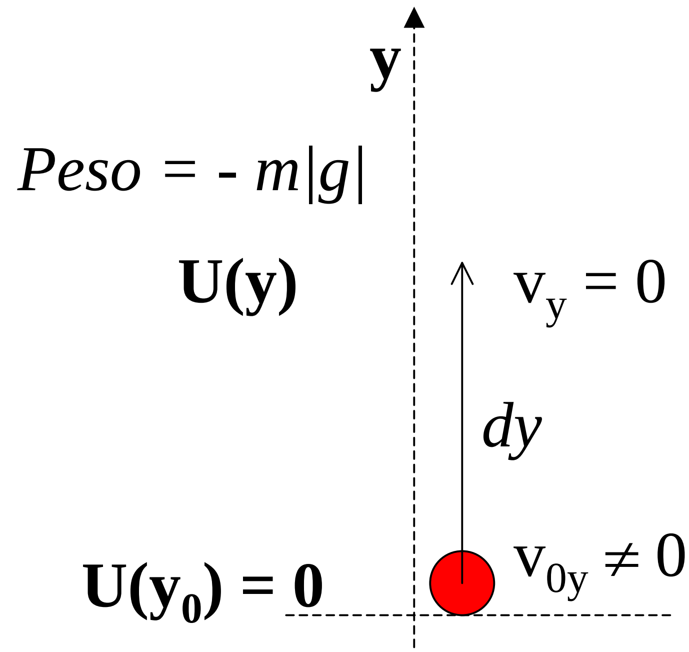
$$\mathbf{y > 0 \quad \Delta U > 0}$$

Energia potencial gavitacional

Força peso (sistema isolado: bola-Terra)

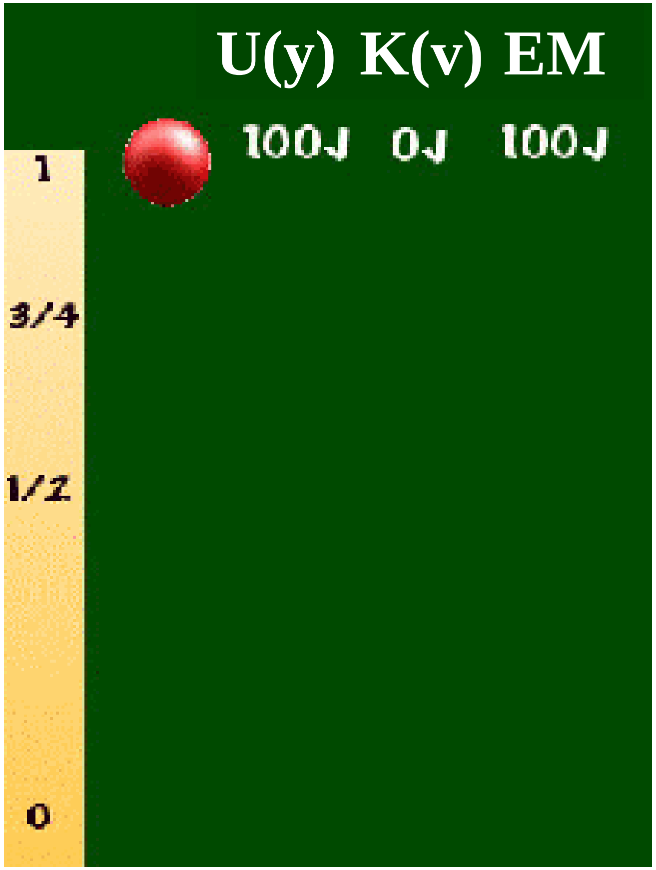
Quando sobe U aumenta e K diminui

$$U(y) = mgy$$



$$\Delta K = -\Delta U \quad \Rightarrow \quad \Delta K + \Delta U = 0$$

Força peso (sistema isolado: bola-Terra)



$$U(y) = 0 - \int_0^y (-mg)\,dy$$

ou

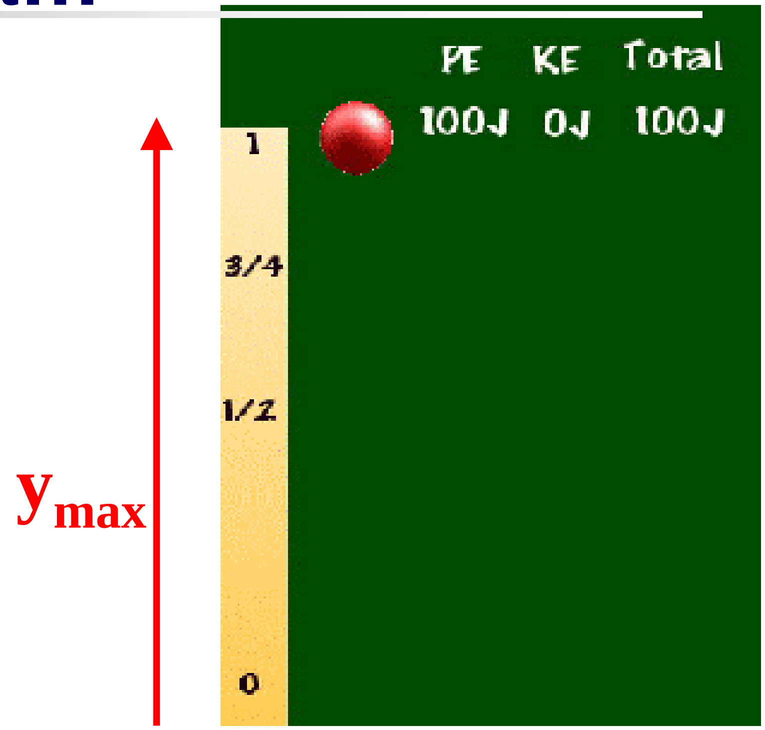
$$U(y) = mgy$$

$$\Delta K = -\Delta U \quad \Rightarrow \quad \Delta K + \Delta U = 0$$

Sistema bola – Terra...

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgy = E_{mec} = cte.$$

$$K = 0 \Rightarrow E_{mec} = U_{max} = mgy_{max}$$



$$K_{max} = mgy_{max}$$

$$v_{max} = \sqrt{2gy_{max}}$$

Força Elástica e
Energia Potencial Elástica *U*(x)

Configuração de referência: $x_0 = 0$

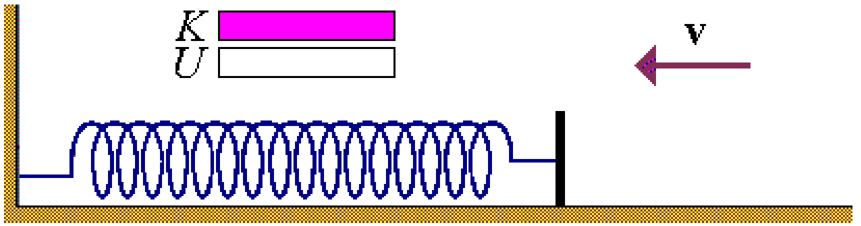
$$U(x) = U(x_0) - \int_{x_0}^{x} F(x)\,dx$$

Ou:

$$U(x) = 0 - \int_{0}^{x} (-k)\,x\,dx$$

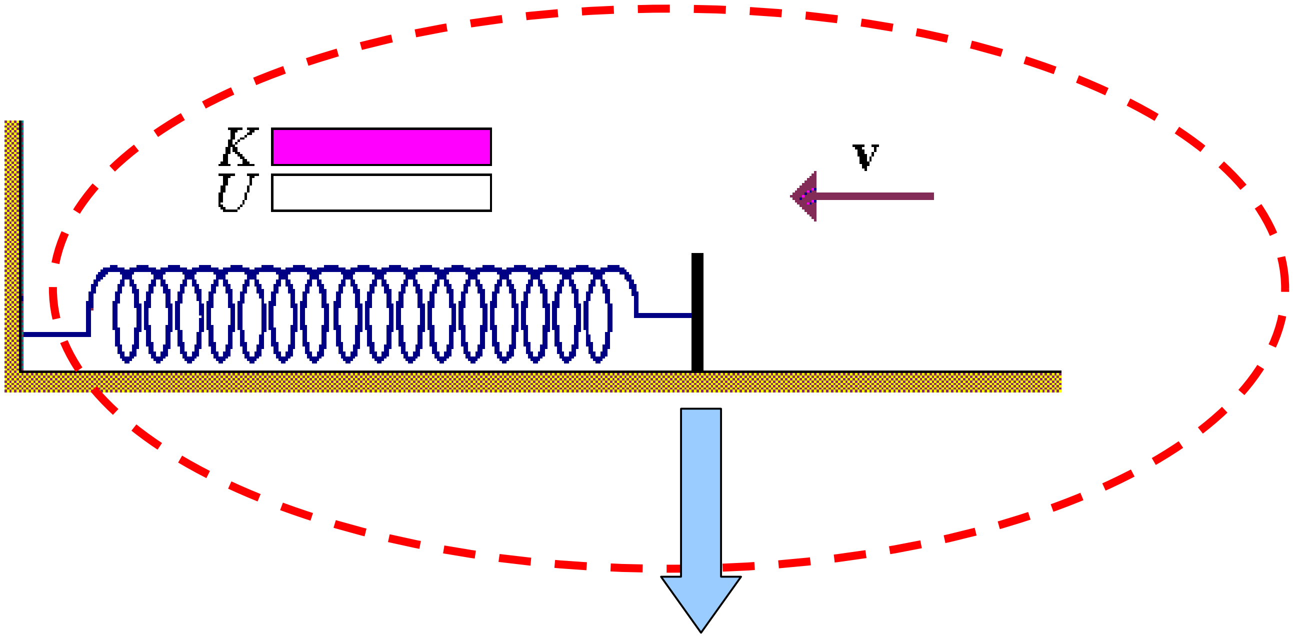
$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2$$

Energia potencial elástica armazenada na mola será +



Sistema massa-mola isolado

Sistema isolado: não ocorrem transferências de energia através das fronteiras do sistema.

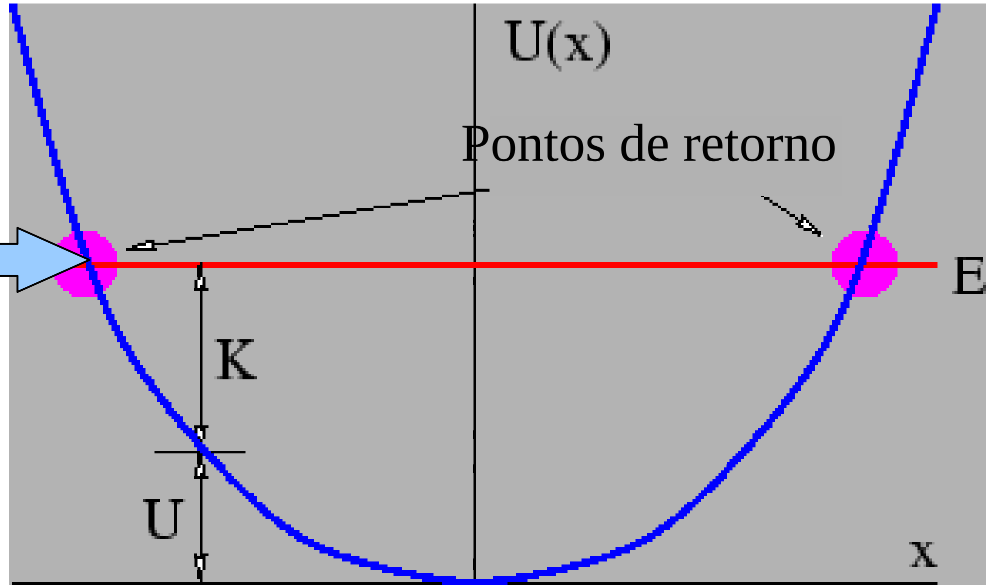


Na ausência de atrito: sistema bloco-mola está isolado

$$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = E \Rightarrow \Delta U + \Delta K = 0$$

Conservação da Energia Mecânica em sistemas isolados

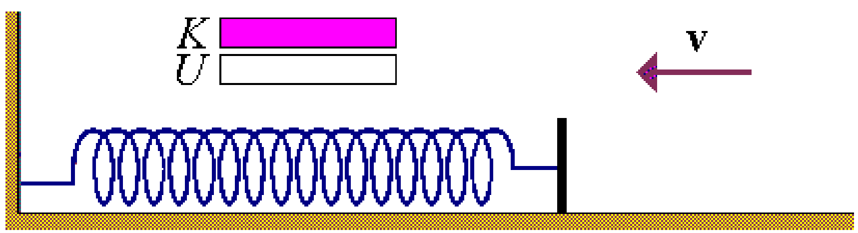
$v = 0$



Conservação de energia:

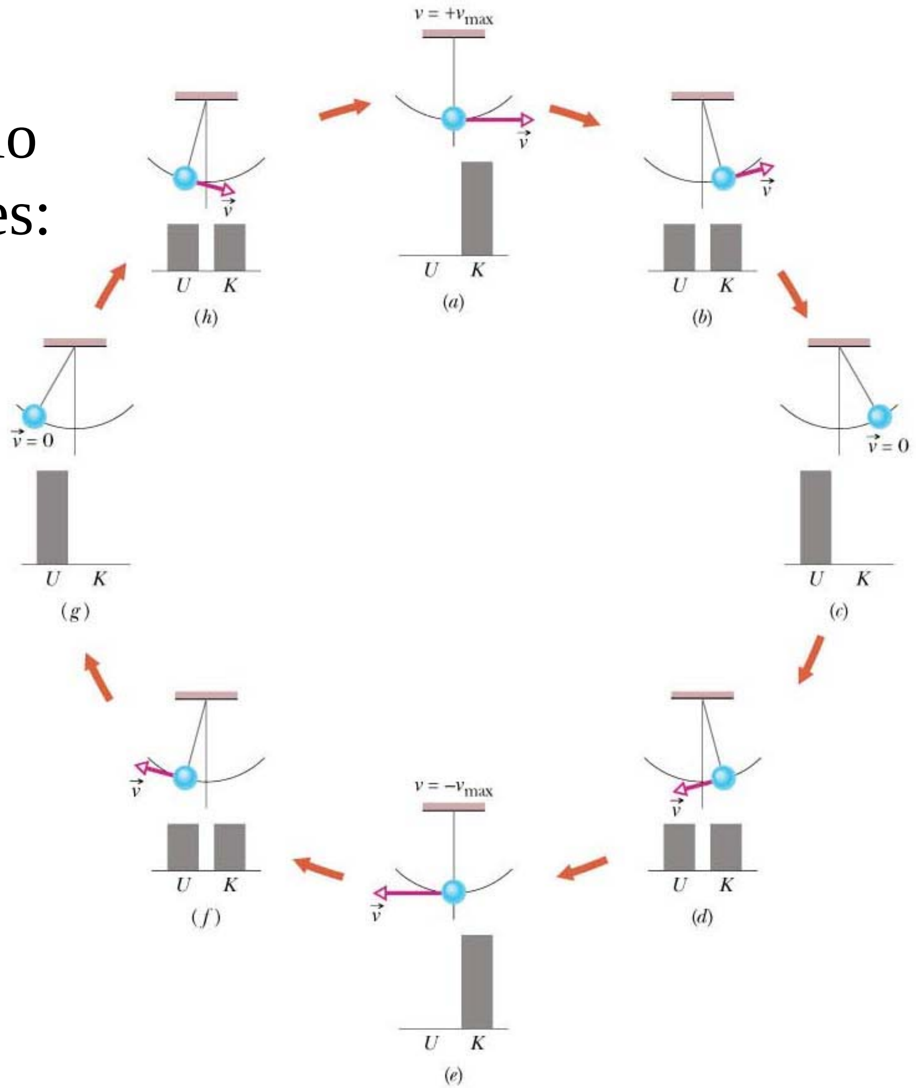
$$\frac{1}{2}\mathrm{mv}^2 + \frac{1}{2}\mathrm{kx}^2 = \mathrm{E}$$

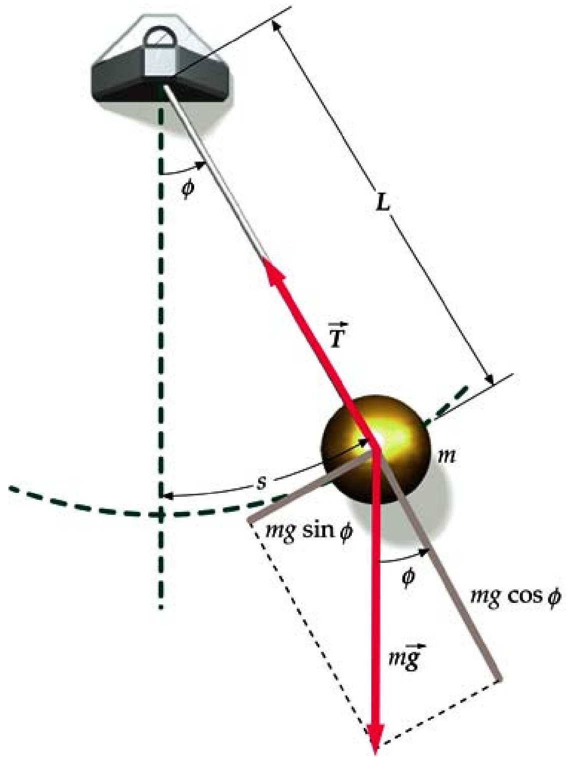
$$v = \sqrt{\left(\frac{2E}{m} - \frac{kx^2}{m}\right)}$$



Conservação da Energia Mecânica em sistemas isolados

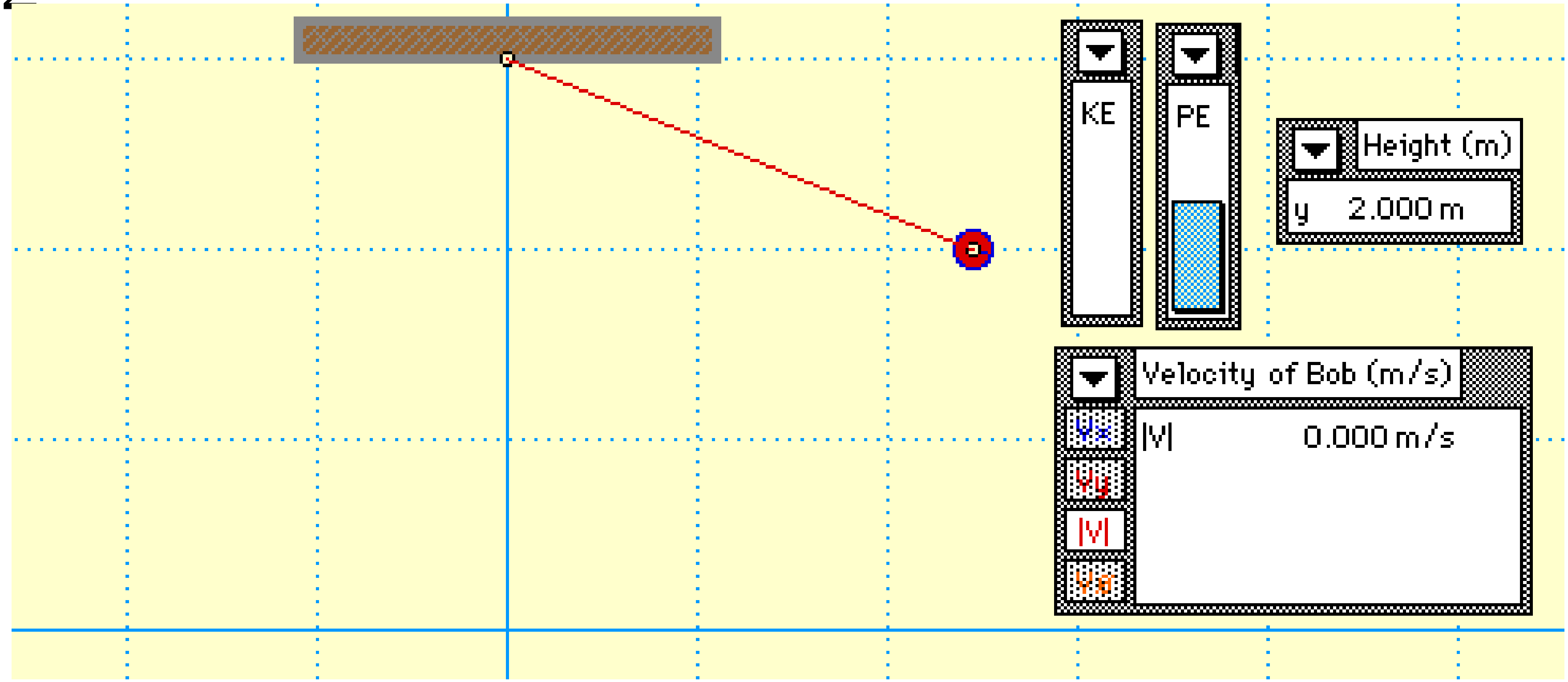
Pêndulo Simples:





Conservação da Energia Mecânica em sistemas isolados

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = E_{mec} = cte. \qquad v_{\max} = \sqrt{2gh}$$

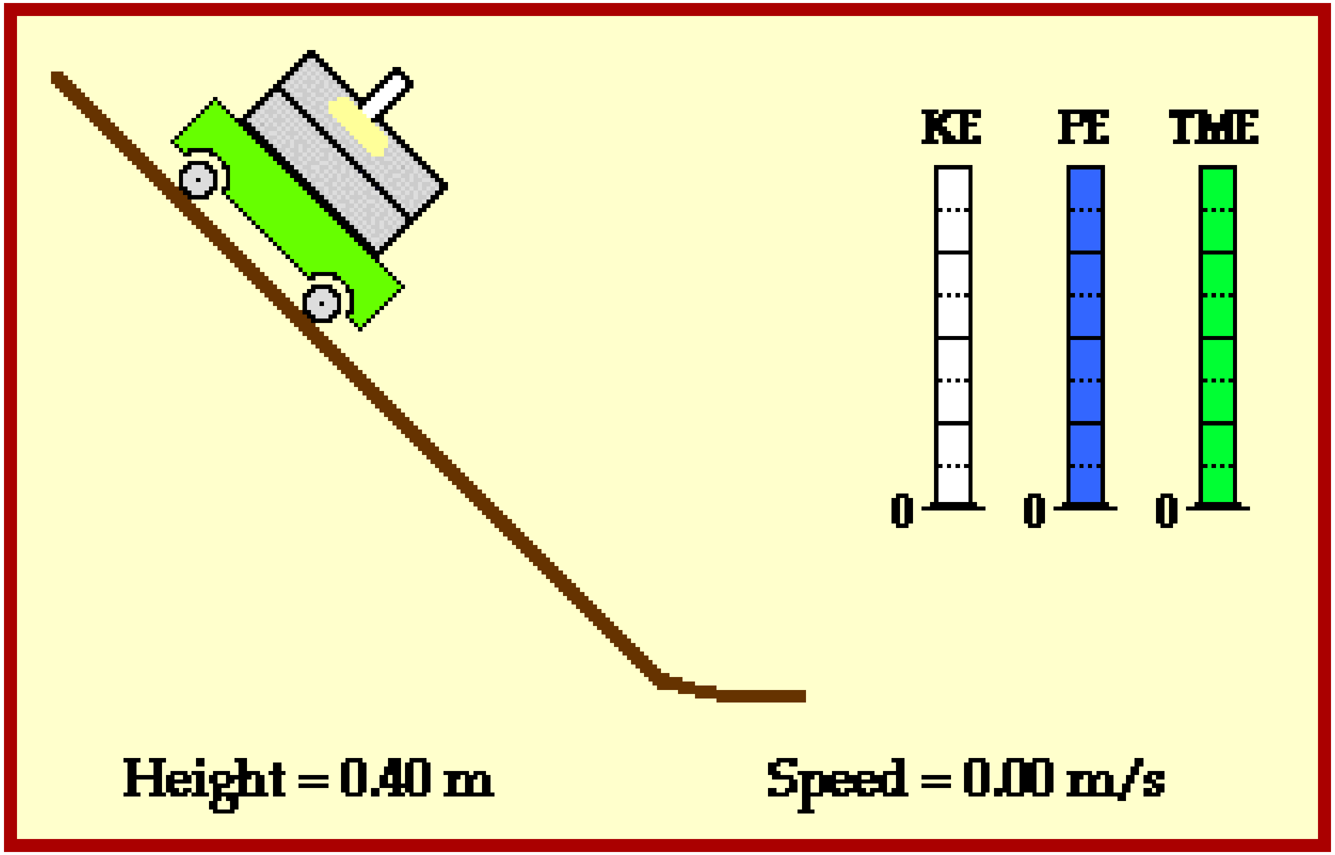


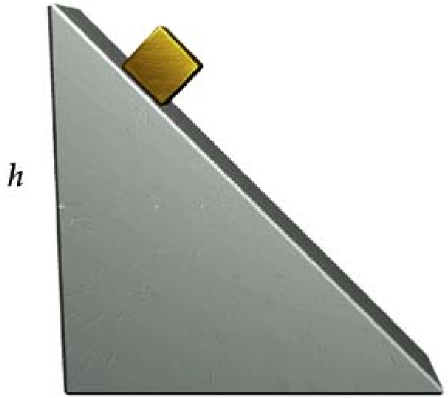
www.physicsroom.com

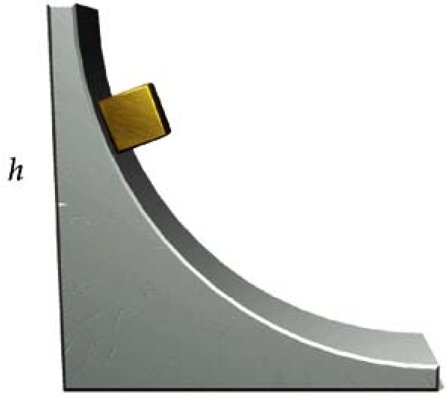
Outro exemplo…

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh = E_{mec} = cte.$$

$$v_{\max} = \sqrt{2gh}$$







www.physicsroom.com

Sem atrito... v ? $v_{\max} = \sqrt{2gh}$

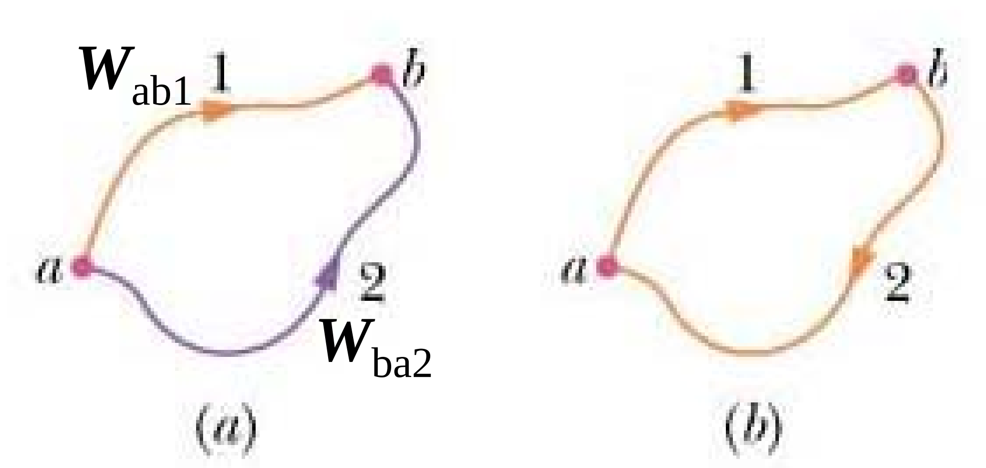
Outro exemplo…

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgy = E_{mec} = cte. \qquad h_{\max} = \frac{(v^2 - v_x^2)}{2g}$$

$$\frac{1}{2}\mathrm{mv}^2 + \mathrm{mgy}_0 = \mathrm{E}_{\mathrm{mec}} = \mathrm{mgh}_{\max} + 1/2\mathrm{mv}_x{}^2.$$

Forças conservativas

Forças conservativas:
são aquelas para as quais a energia mecânica de um sistema é conservada.
Ou, são aquelas que dependem apenas da posição em uma dimensão.

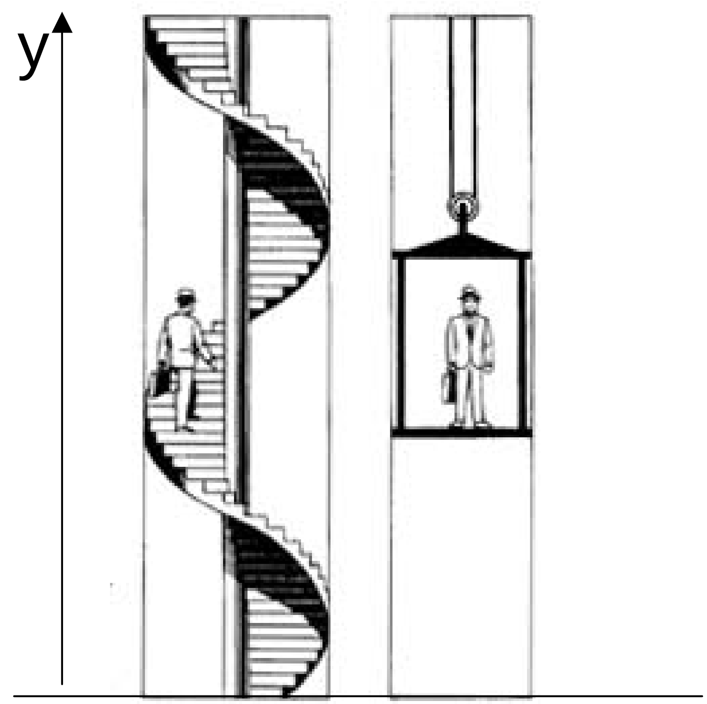


Uma **força conservativa** é uma força que é independente da trajetória. Em outras palavras, ao mover um objeto de um ponto ***a*** a um ponto ***b***, o trabalho total é independente da trajetória que o objeto percorre.

$$W_{ab1} = - W_{ba2}$$

Forças Conservativas & Trabalho:

O trabalho feito por uma força conservativa não depende da trajetória seguida pelos membros do sistema, mas apenas das configurações inicial e final do sistema



Exemplo de força conservativa: força gravitacional no sistema "homem de pasta" - Terra

$$\mathbf{W}_{Fg} = mgy$$

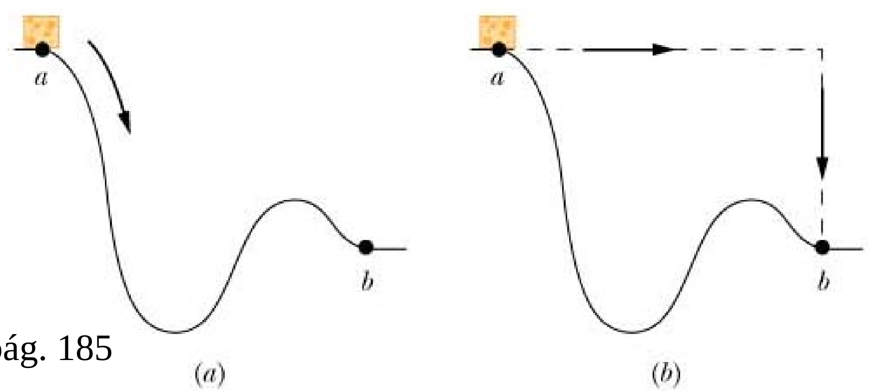
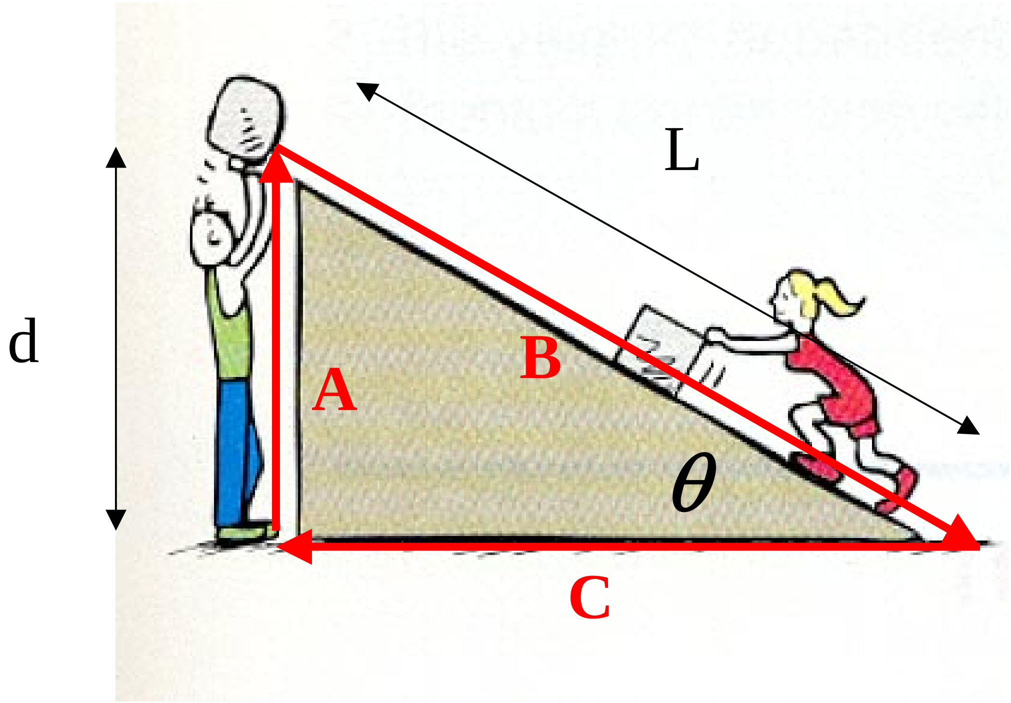


Figura exemplo 8.1 pág. 185

O trabalho feito por uma força conservativa, quando um membro do sistema movimenta-se por uma trajetória fechada, é igual a zero.



Trabalho realizado pela força peso ao longo do circuito fechado indicado

$$W_A + W_B + W_C = -mgd + mgL sen\theta + 0 = 0$$

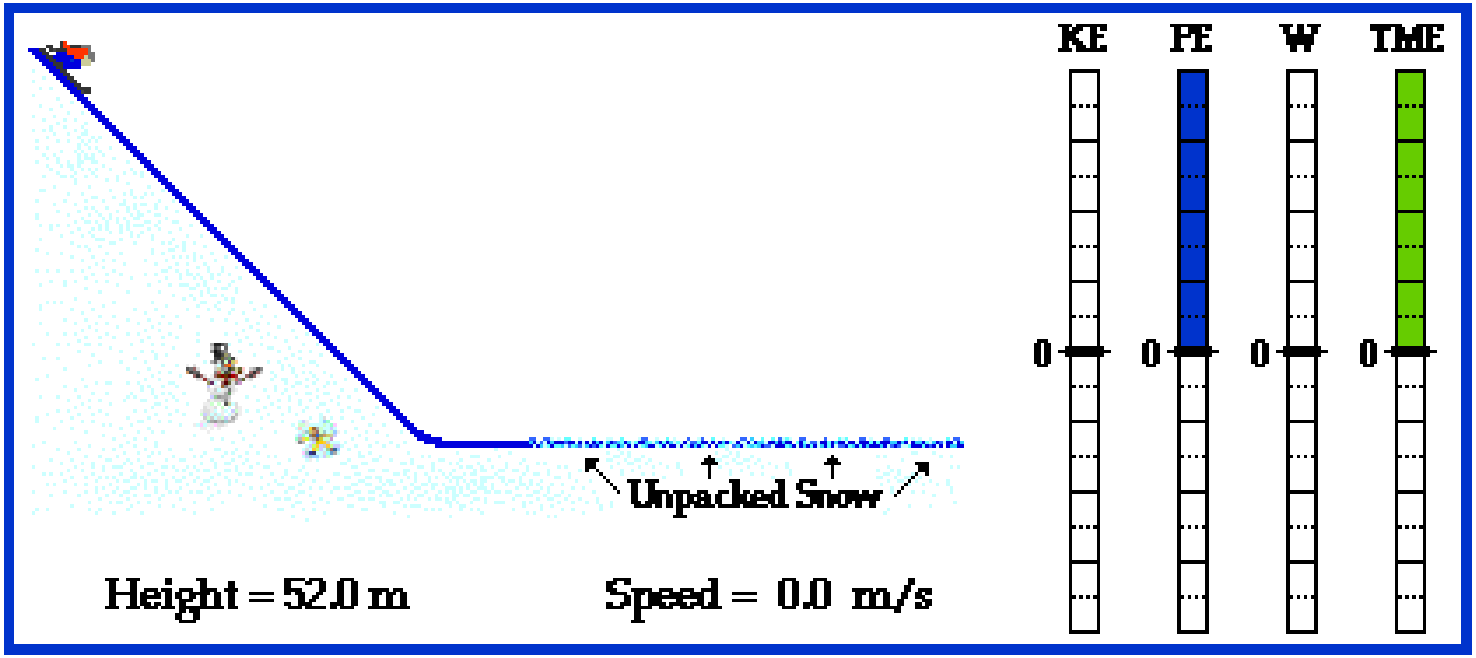
Forças dissipativas: ATRITO

Outra possibilidade de armazenamento de energia em um sistema, além de potencial e cinética, é a energia interna. Forças conservativas não causam transformação de energia mecânica em energia interna dentro do sistema.

Exemplo de uma força **não** conservativa: atrito.

Forças não conservativas são chamadas de **forças dissipativas**.

O trabalho de uma força de atrito é sempre negativo! $W_{atrito} = \Delta E_{mec} < 0$



Forças conservativas e dissipativas

$$W_{atrito} = \Delta E_{mec}$$

&

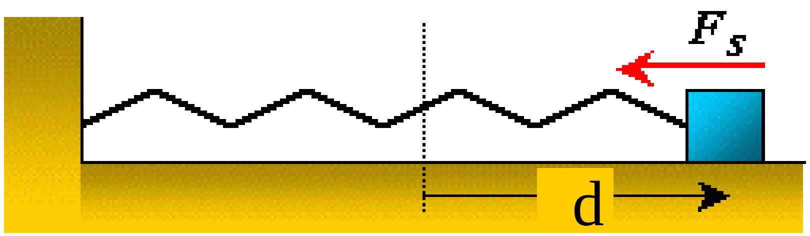
$$W_{atrito} = -\Delta E_{interna}$$

Generalização da lei de conservação de energia

$$\Rightarrow \quad \boxed{K + U + E_{\text{int}} = cte.}$$

Exemplo: massa solta da posição *d*

sem atrito: velocidade máxima do bloco ao passar pela posição de equilíbrio



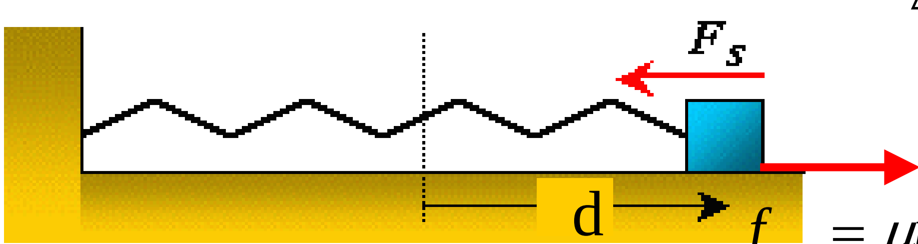
d = deformação da mola

$$\Delta K = \frac{1}{2} k d^2$$

$$m v_{max}^2 = k d^2$$

$$v = \sqrt{\frac{k d^2}{m}}$$

Com atrito: energia cinética diminui e é transformada em calor.



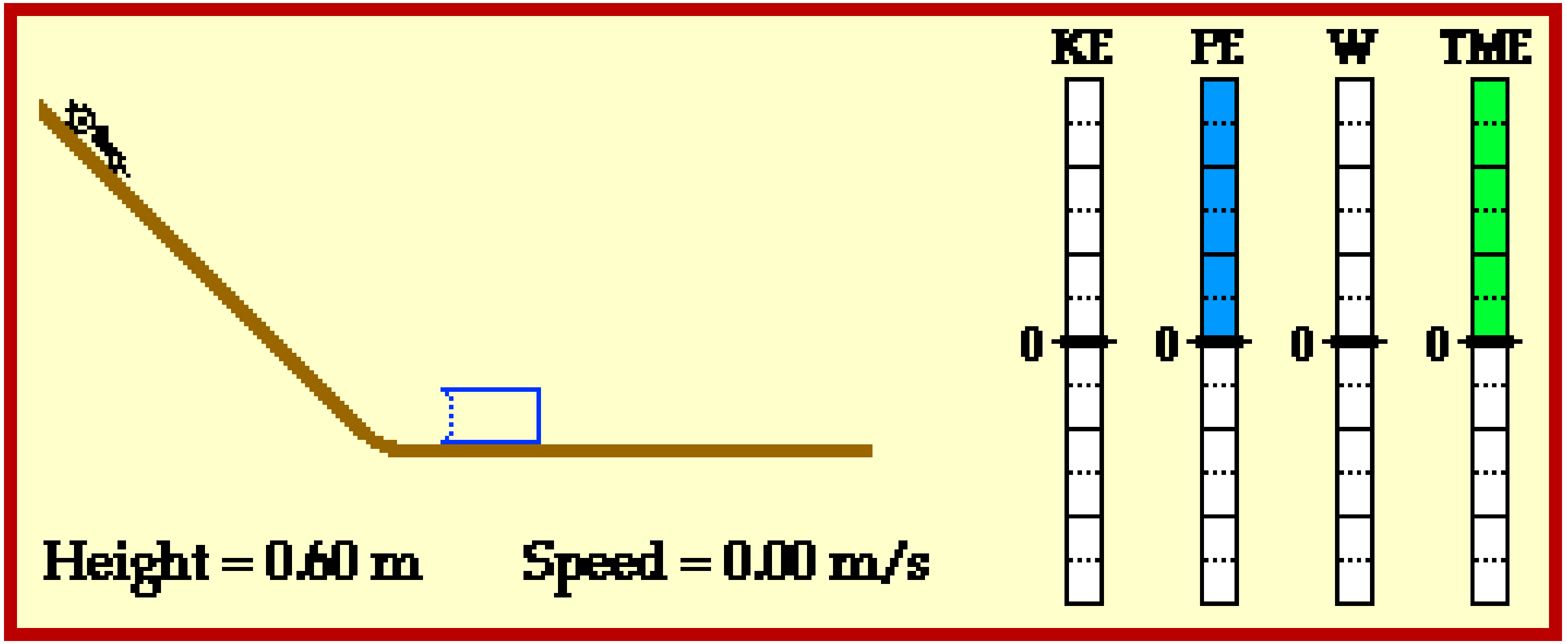
$$f_{atr} = \mu m g$$

$$\Delta K = -\Delta U + W_{atr} = \frac{1}{2} k d^2 - \mu m g d$$

$$v = \sqrt{\left(\frac{k d^2}{m} - 2 \mu g d \right)}$$

Exemplo – Força de atrito

$$\left|\Delta K\right| = \left|W_{fat}\right| \qquad \frac{1}{2}mv_0^2 = \mu mgd \qquad d = \frac{v_0^2}{2g\mu}$$

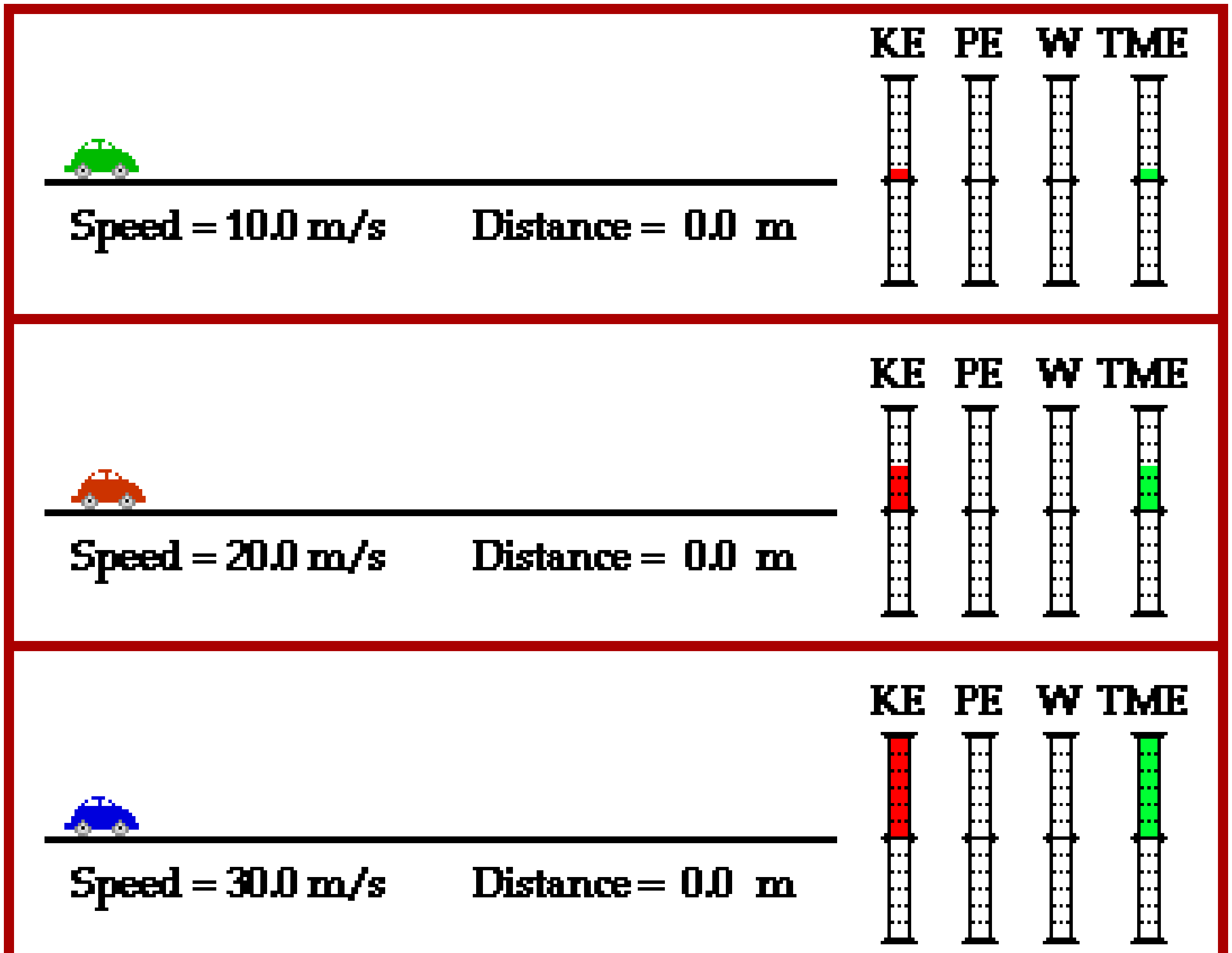


www.physicsroom.com

Distância de segurança

frenagem

$$\left|\Delta K\right| = \left|W_{fat}\right| \qquad \frac{1}{2}mv_0^2 = \mu mgd$$



$$\boxed{d = \frac{v_0^2}{2g\mu}}$$

Generalização da lei de conservação de energia

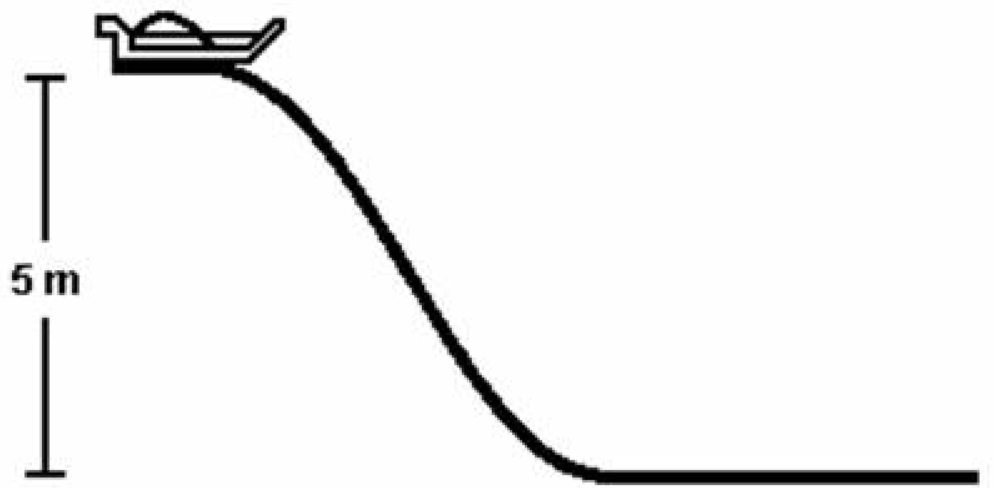
$$K + U + E_{\text{int}} = cte.$$

Exemplo:

Um trenó de massa 50 kg desliza em uma rampa, partindo de uma altura de 5 m em relação à parte plana mostrada na figura. Ele chega à base da rampa com velocidade de 6 m/s. Use $g = 9{,}8\ m/s^2$

a) Qual o trabalho realizado pelo atrito?

b) Com que velocidade ele deveria partir da base para atingir o topo da rampa?

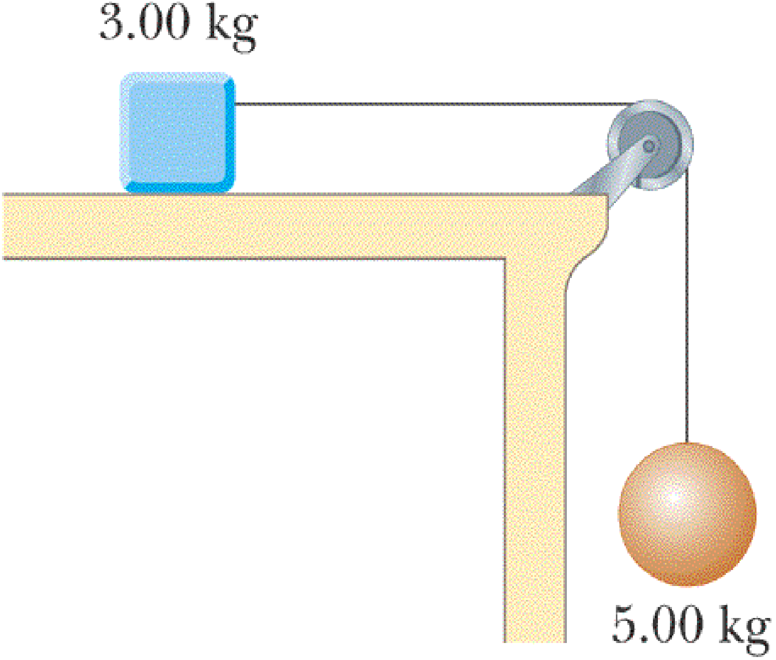


Generalização da lei de conservação de energia

$$K + U + E_{\text{int}} = cte.$$

Exemplo:

O coeficiente de atrito entre o bloco de 3,0 kg e a superfície na figura abaixo é de 0,400. O sistema parte do repouso. Qual era a velocidade escalar da bola de 5,0 kg quando ela caiu 1,50 m?

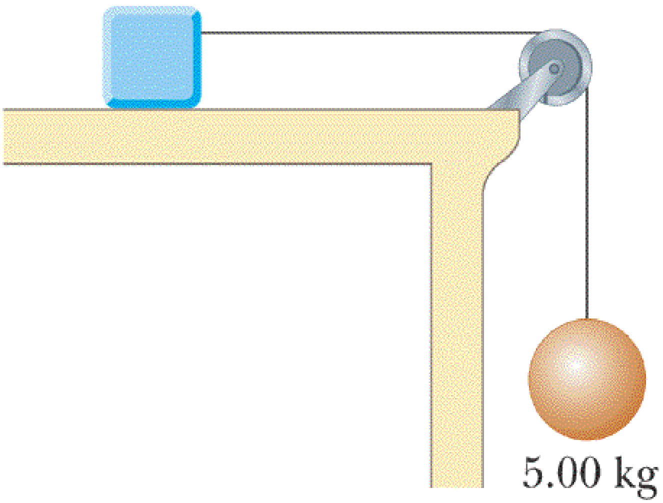


Generalização da lei de conservação de energia

resolução

$$K + U + E_{\text{int}} = cte.$$

O coeficiente de atrito entre o bloco de 3,0 kg e a superfície na figura abaixo é de 0,400. O sistema parte do repouso. Qual era a velocidade da bola de 5,0 kg quando ela caiu 1,50 m?



$$U_i + K_i + \Delta E_{\text{mech}} = U_f + K_f: \qquad m_2gh - fh = \tfrac{1}{2}m_1v^2 + \tfrac{1}{2}m_2v^2$$

$$f = \mu n = \mu m_1 g$$

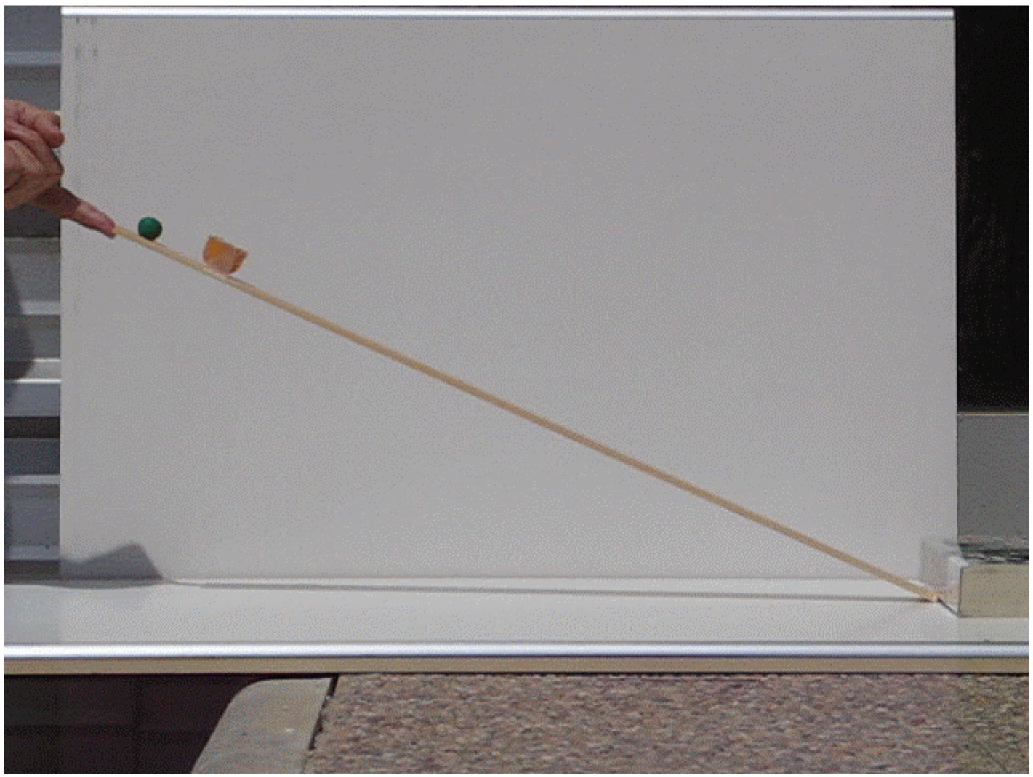
$$m_2gh - \mu m_1 gh = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$$

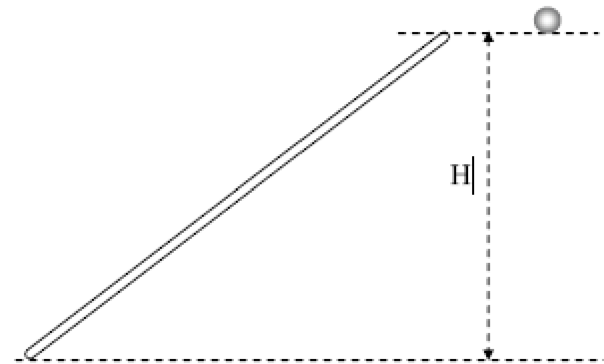
$$v^2 = \frac{2(m_2 - \mu m_1)(hg)}{m_1 + m_2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(9.80 \text{ m/s}^2)(1.50 \text{ m})[5.00 \text{ kg} - 0.400(3.00 \text{ kg})]}{8.00 \text{ kg}}} = \boxed{3.74 \text{ m/s}}$$

É possível um objeto (ou parte dele) cair com velocidade maior que a de uma esfera em queda livre?

Uma haste, apoiada no solo por uma das extremidades, e uma esfera são liberadas em queda livre. A extremidade livre da haste está à mesma altura da esfera, H, em relação ao solo. Qual a velocidade maior ao tocar o solo: a da esfera ou a da extremidade livre da haste?





http://tp.lc.ehu.es/jma/mekanika/solidoa/fasterg.html