



Aula 08

Conservação da energia mecânica

Sumário

- Conservação de energia mecânica
- Força e energia potencial
- A leitura de um gráfico de energia potencial
- Trabalho realizado sobre o sistema por uma força exterior
- Forças não-conservativas e variação da energia mecânica

Expressão Analítica da Força Conservativa – Caso Unidimensional

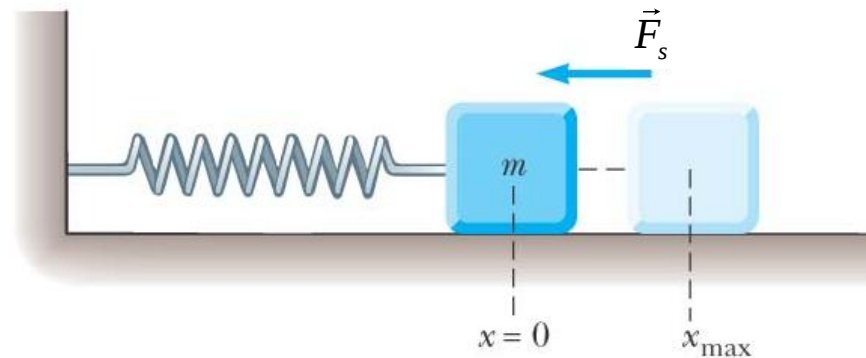
Da expressão:

$$dU = -dW = -F \cdot dx$$

Concluimos:

$$F = -\frac{dU}{dx} \quad \begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix} \quad \begin{array}{ll} U_g = mgy & F_g = -mg \\ U_{el} = \frac{1}{2}kx^2 & F_{el} = -kx \end{array}$$

Diagramas de Energia e Equilíbrio



O movimento de um sistema pode ser examinado através de um gráfico da energia em função da posição;

No exemplo, o bloco oscila entre os pontos de retorno,

$$x = \pm x_{\max}$$

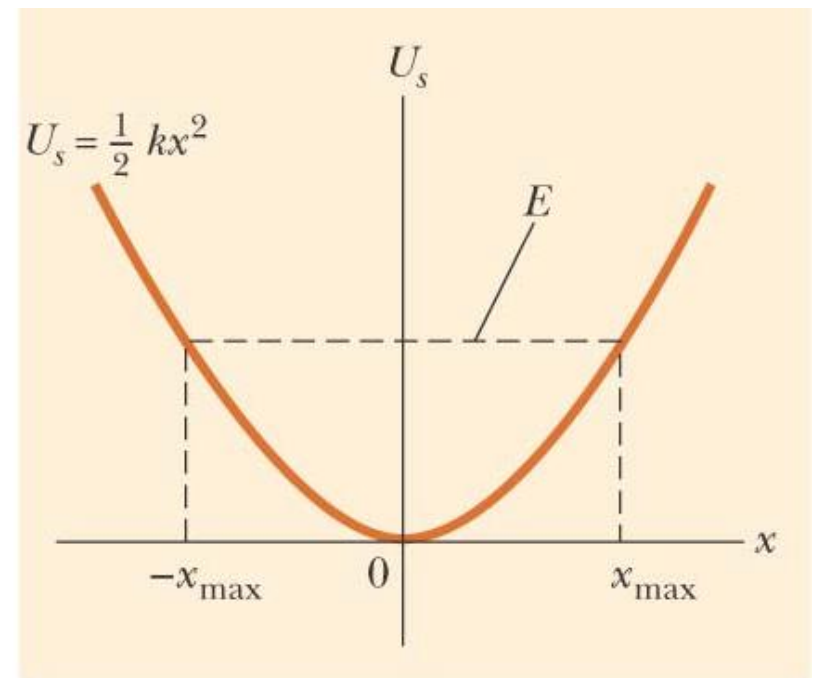
O bloco vai sempre acelerar de volta a $x = 0$.

Diagramas de Energia e Equilíbrio Estável

A posição $x = 0$ é de ***equilíbrio estável***;

Nas configurações de equilíbrio estável $U(x)$ é um mínimo;

$x = x_{\max}$ e $x = -x_{\max}$ são os pontos de retorno.



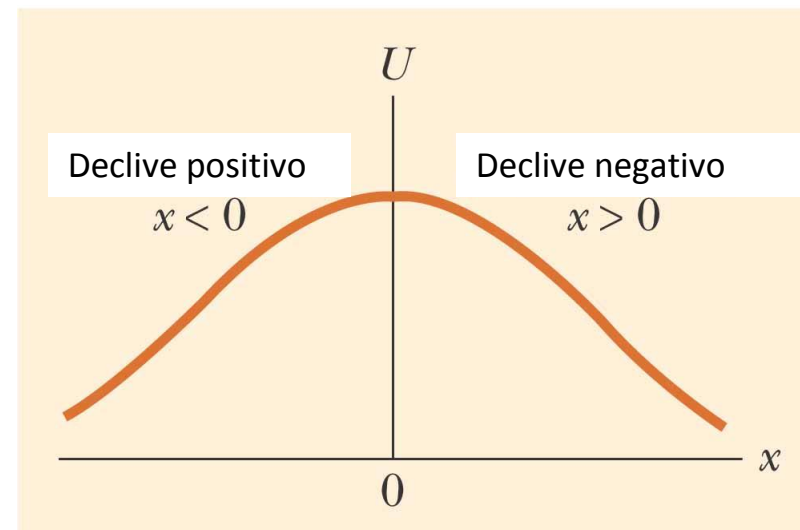
Diagramas de Energia e Equilíbrio Instável

$F_x = 0$ para $x = 0$, de forma que a partícula está em equilíbrio;

Para qualquer outro valor de x , a partícula mover-se-á de forma a afastar-se da posição de equilíbrio;

Este é um exemplo de ***equilíbrio instável***;

As configurações de equilíbrio instável são aquelas para as quais $U(x)$ é máximo.



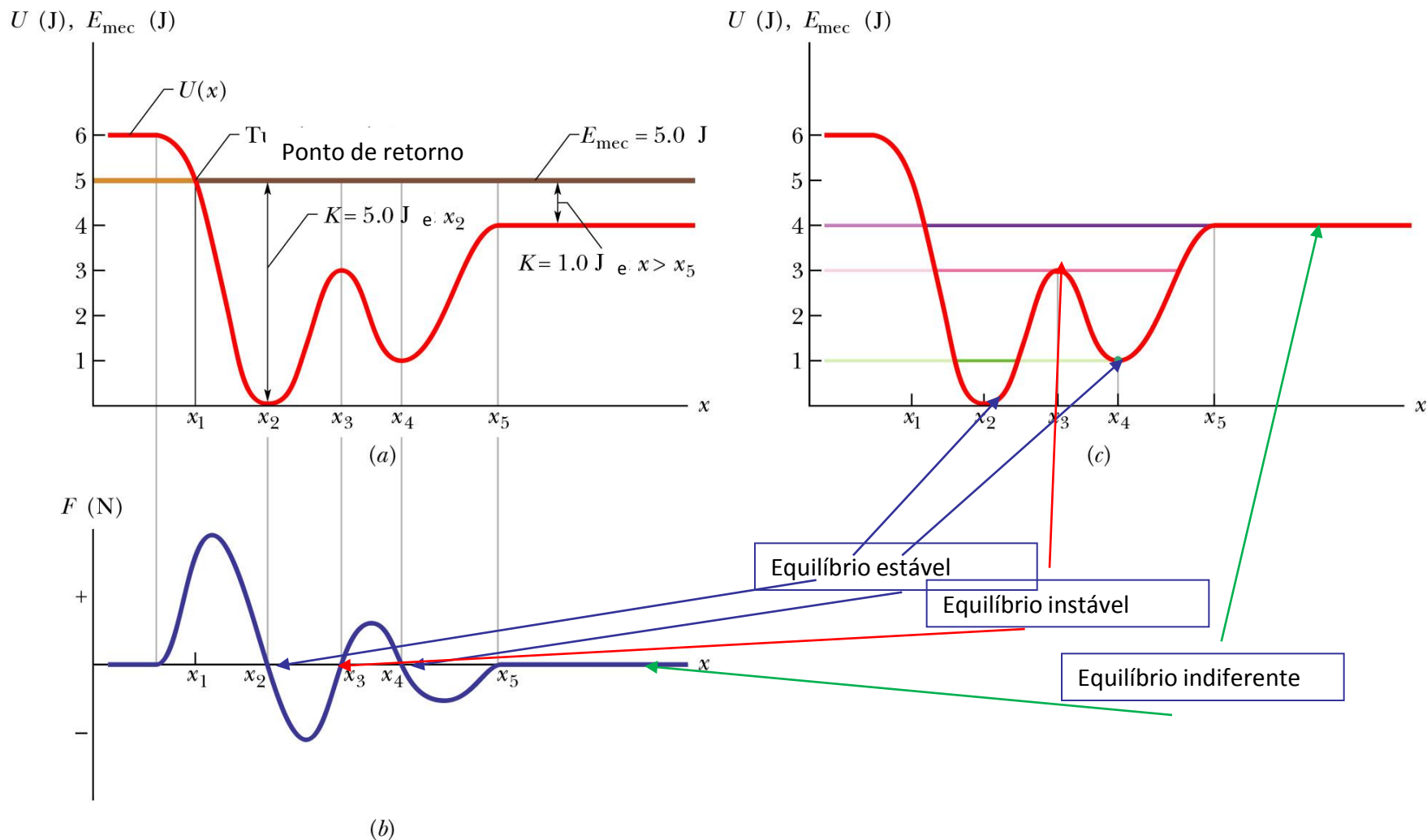
© 2004 Thomson/Brooks Cole

Equilíbrio Indiferente

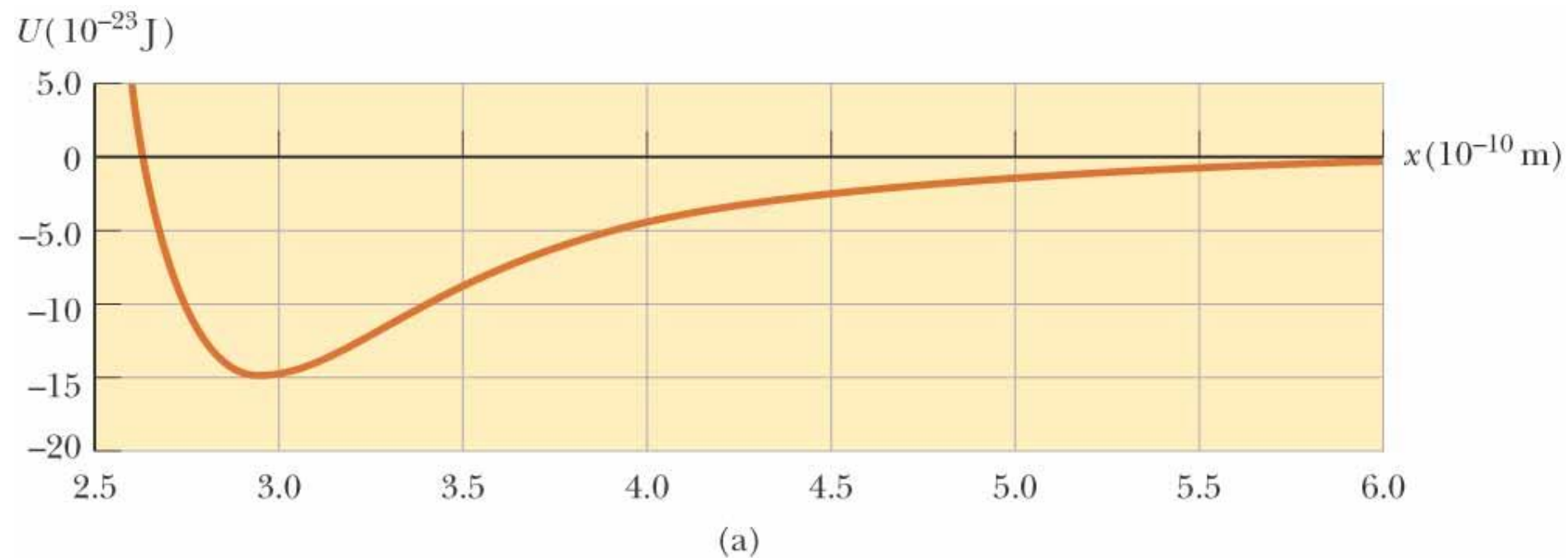
Equilíbrio indiferente ocorre nas configurações em que U é constante numa determinada região;

Um pequeno deslocamento num ponto desta região não dá origem a qualquer força.

O gráfico da energia potencial



Curva de Energia Potencial de uma Molécula



© 2004 Thomson/Brooks Cole

Forças Não Conservativas

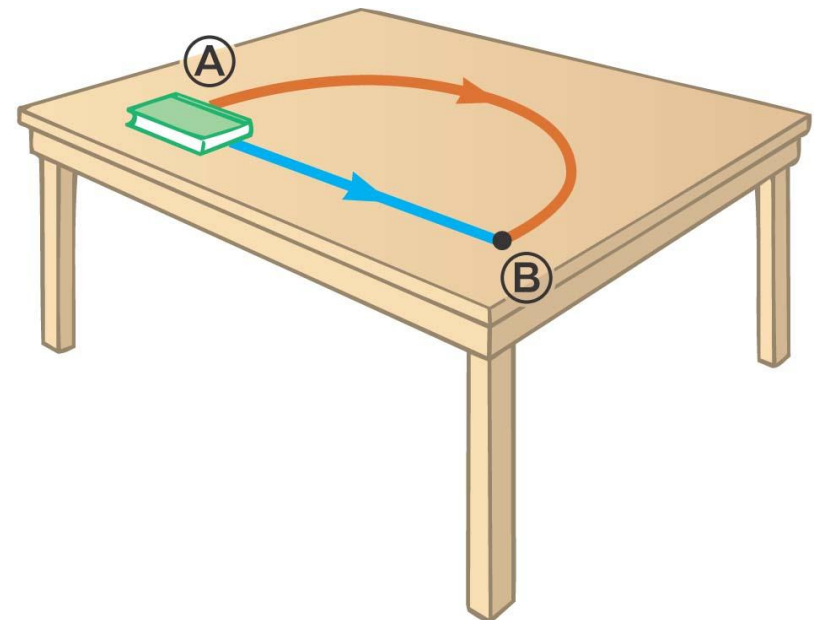
Às forças não conservativas não se aplicam as condições das forças conservativas;

Forças não conservativas que actuam no sistema conduzem a uma *variação* da energia mecânica dos sistemas.

Forças Não Conservativas

O trabalho efectuado contra o atrito é maior ao longo da trajectória vermelha do que ao longo da trajectória azul;

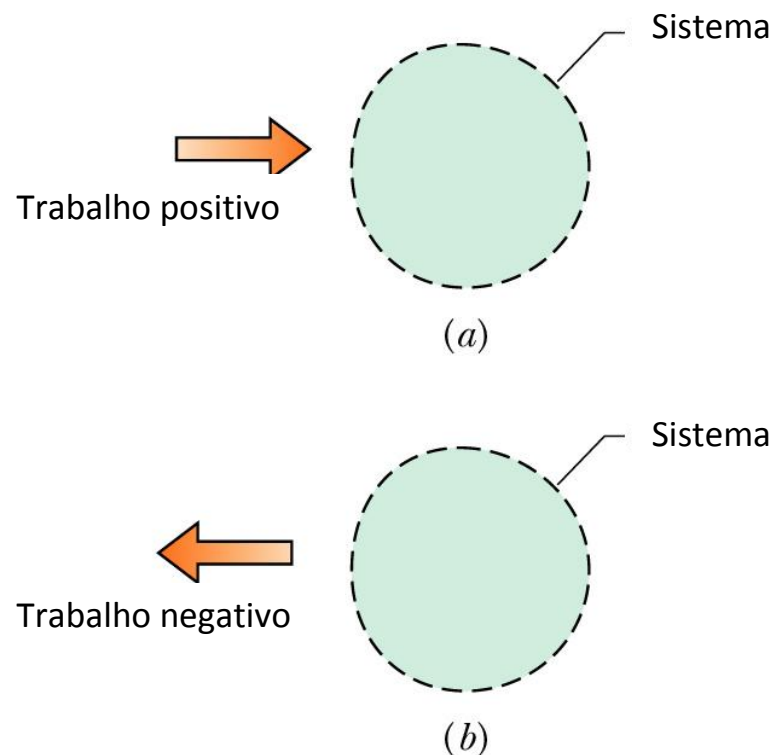
Como o trabalho efectuado depende da trajectória, o atrito é uma força não conservativa.



© 2004 Thomson/Brooks Cole

Trabalho efectuado sobre um sistema por uma força exterior

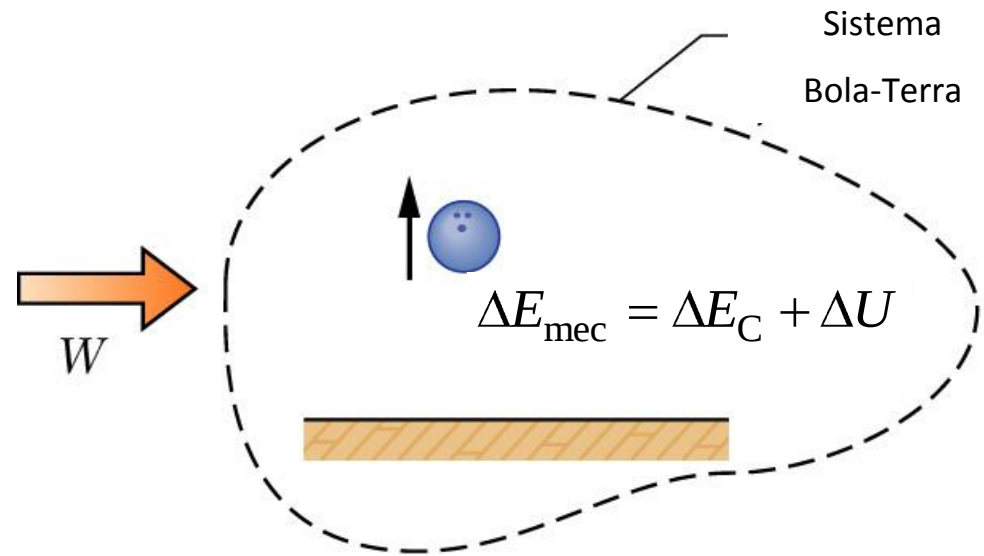
O trabalho de uma força exterior sobre um sistema é energia transferida para dentro *(a)* ou para fora *(b)* desse sistema.



Trabalho efectuado sobre um sistema por uma força exterior

Se não existem forças
de atrito:

$$\begin{aligned} W &= \Delta E_C + \Delta U \\ &= \Delta E_{\text{mec}} \end{aligned}$$



Trabalho efectuado sobre um sistema por uma força exterior

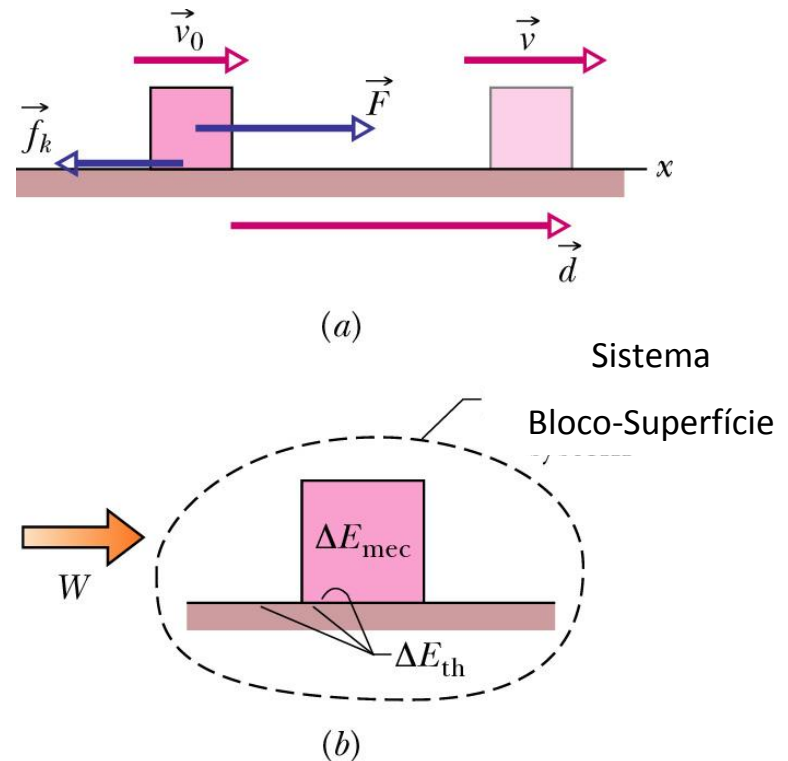
Se existem forças de atrito:

$$F - f_k = ma$$

$$\begin{aligned}
 Fd &= \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 + f_k d \\
 &= \Delta K + f_k d
 \end{aligned}$$

Em geral:

$$Fd = \Delta E_{\text{mec}} + f_k d$$



Trabalho efectuado sobre um sistema por uma força exterior

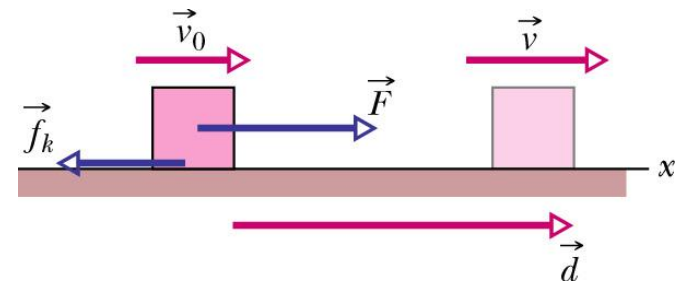
Se existem forças de atrito:

$$f_k d = \Delta E_{\text{term}}$$

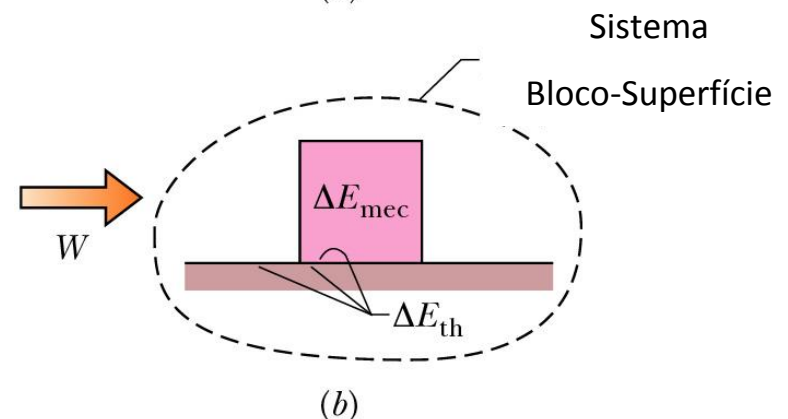
O trabalho da força exterior é:

$$Fd = \Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{term}}$$

$$W = \Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{term}}$$



(a)



(b)

Conservação da Energia

A energia total E de um sistema só pode variar pela quantidade de energia que entra ou sai do sistema;

Uma forma de transferência de energia é o trabalho realizado por uma força exterior sobre o sistema:

$$W = \Delta E = \Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{th}} + \Delta E_{\text{int}}$$

E_{int} Outras formas de energia interna do sistema, sem ser as consideradas em E_{mec} ; por exemplo energia química.

Conservação da Energia

Se o sistema é isolado não é possível entrar ou sair energia do sistema;

A energia total de um sistema isolado não varia:

$$\Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{th}} + \Delta E_{\text{int}} = 0$$

ou

$$E_{\text{mec}} + E_{\text{th}} + E_{\text{int}} = \text{constante}$$

Métodos de Resolução de Problemas – Forças Não Conservativas

Define-se o sistema isolado e as configurações inicial e final do sistema;

Identifica-se a configuração correspondente ao valor nulo da energia potencial;

Até aqui tudo se passa como no caso da conservação da energia mecânica;

A diferença entre os valores inicial e final da energia é a variação da energia mecânica devido à existência de atrito.

Forças Não Conservativas - Exemplo (Escorrega)

Sem atrito:

$$\Delta E_{\text{mec}} = \Delta E_{\text{cin}} + \Delta U = 0$$

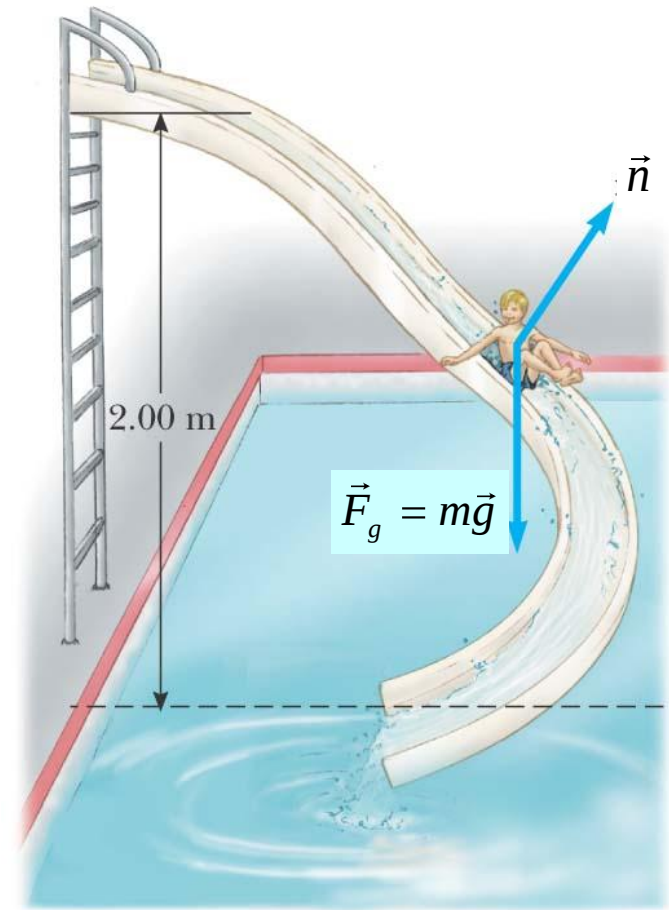
$$\Delta E_{\text{mec}} = (E_{\text{cin } f} - E_{\text{cin } i}) + (U_f - U_i) = 0$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = (E_{\text{cin } f} + U_f) - (E_{\text{cin } i} + U_i) = 0$$

$$\Delta E_{\text{mec}} = \frac{1}{2} m v_f^2 - mgh = 0$$

Com atrito:

$$\Delta E_{\text{mec}} = \frac{1}{2} m v_f^2 - mgh = -f_k d$$



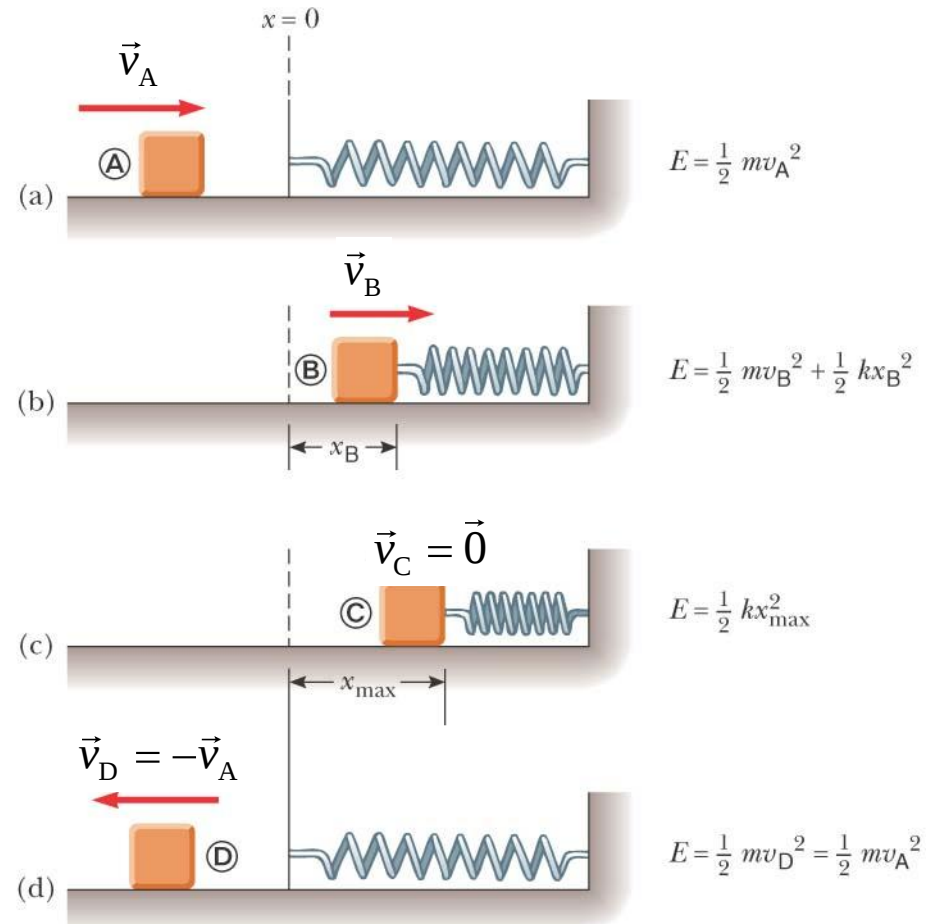
© 2004 Thomson/Brooks Cole

Forças Não Conservativas - Exemplo (massa e mola)

Sem atrito, a energia transforma-se continuamente entre potencial e cinética e a energia total permanece constante;

Se existe atrito, a energia mecânica diminui:

$$\Delta E_{\text{mec}} = -f_k d$$



© 2004 Thomson/Brooks Cole