Capítulo 8

Energia Potencial e Conservação de Energia

WILEY

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Cap. 8 – Energia potencial e conservação de energia

Força e energia potencial

$$F(x) = -\frac{dU(x)}{dx}$$

Pontos de equilíbrio

$$F(x) = -\frac{dU(x)}{dx} = 0$$

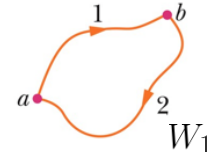
Energia potencial *U*: configuração do sistema

Energia potencial e Trabalho

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

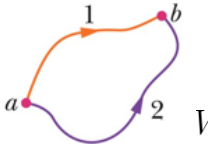
Forças conservativas

Trabalho em trajetória fechada é nulo



$W_1 = -W_2$

Trabalho não depende da trajetória



$W_1 = W_2$

Forças não-conservativas:

$W_1 \neq -W_2$

Energia pot. gravitacional

$$U(y) = mgy$$

Energia pot. da mola

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

Energia mecânica

$$E_{mec} = K + U$$

Conservação de energia mecânica

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

Lei da conservação de energia

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

Sistemas isolados

$$\Delta E = 0$$

Potência média

$$P_{med} = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Potência instantânea

$$P = \frac{dE}{dt}$$

8-1 Energia Potencial

- **Energia Potencial** *U* é energia que está associada à configuração de um sistema de objetos que exercem forças uns sobre os outros
- Um sistema de objetos pode ser:
  - Terra e um bungee jumper
- **Energia potencial gravitacional** responsável pelo aumento de energia cinética durante a queda
- **Energia potencial elástica** responsável pela desaceleração pela corda elástica
- A física determina como a energia potencial é calculada para dar conta da energia armazenada

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-1 Energia Potencial

- Para um objeto sendo elevado ou baixado:

$$\Delta U = -W. \qquad \textbf{Eq. (8-1)}$$

- A mudança na energia potencial gravitacional é o negativo do trabalho realizado
- Isto também se aplica para um sistema massa-mola

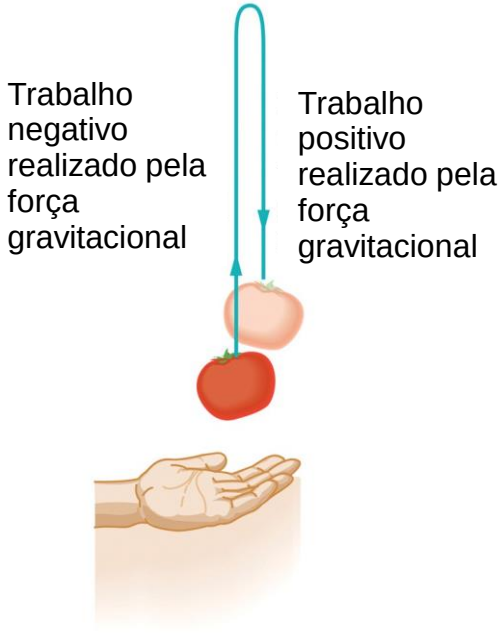


Figura 8-2

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

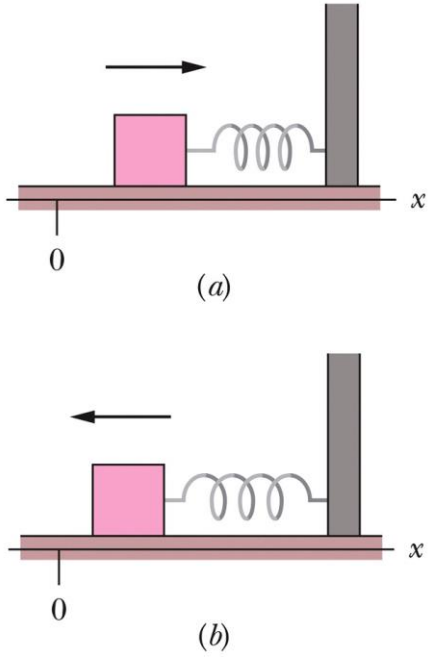


Figura 8-3

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-1 Energia Potencial

- Pontos chaves:
  1. O *sistema* consiste em dois ou mais objetos
  2. Uma *força* age entre uma partícula (tomate/bloco) e o resto do sistema
  3. Quando a configuração muda, a força realiza *trabalho* W_1, transformando energia cinética em outra forma
  4. Quando a configuração é revertida, a força reverte a transformação de energia, realizando *trabalho* W_2
- Então a energia cinética do tomate/bloco torna-se energia potencial e depois em energia cinética novamente

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-1 Energia Potencial

- **Forças conservativas** são forças para as quais $W_1 = -W_2$ é sempre verdade
  - Exemplos: força gravitacional, força de uma mola
  - Caso contrário não podemos falar de suas energias potenciais
- **Forças não-conservativas** são aquelas para as quais a expressão $W_1 = -W_2$ é falsa
  - Exemplos: força de atrito cinético, força de arrasto
  - Energia cinética de uma partícula em movimento é transformada em calor pelo atrito
  - Energia térmica não pode ser revertida em energia cinética do objeto via força de atrito
  - Portanto a força é não-conservativa, energia térmica não é uma energia potencial

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

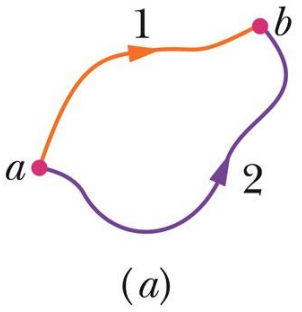
8-1 Energia Potencial

- Quando apenas forças conservativas agem sobre uma partícula, muitos problemas são simplificados:

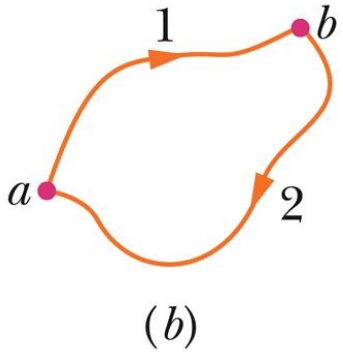
O trabalho total realizado por uma força conservativa se movendo em qualquer trajetória fechada é zero.

- Um resultado disto é que:

O trabalho total realizado por uma força conservativa se movendo entre dois pontos não depende da trajetória adotada pela partícula.



A força é conservativa. Qualquer escolha de trajetória entre os pontos requer a mesma quantidade de trabalho.



E uma volta ao mesmo ponto fornece trabalho total igual a zero.

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rig
Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Figura 8-4

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-1 Energia Potencial

- Matematicamente:

$$W_{ab,1} = W_{ab,2}, \qquad \textbf{Eq. (8-2)}$$

- Este resultado permite substituir um caminho mais complexo por um mais simples se apenas forças conservativas estão envolvidas

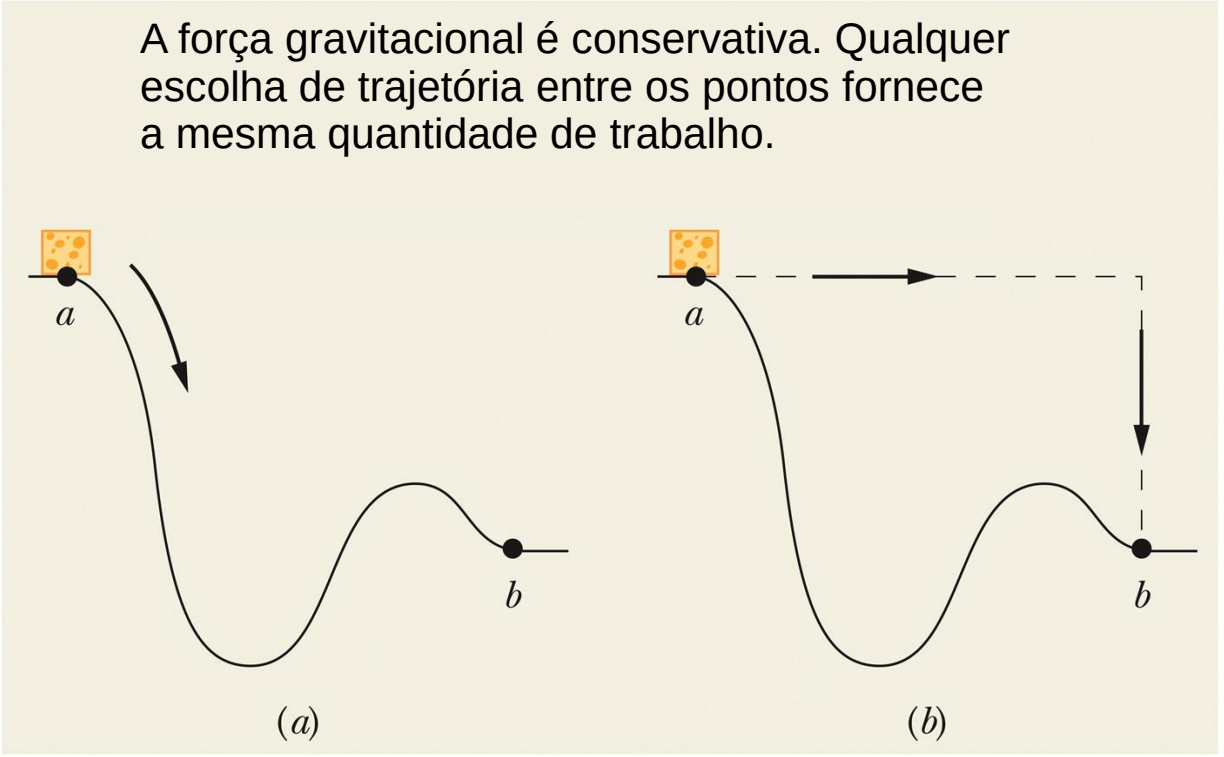


Figura 8-5

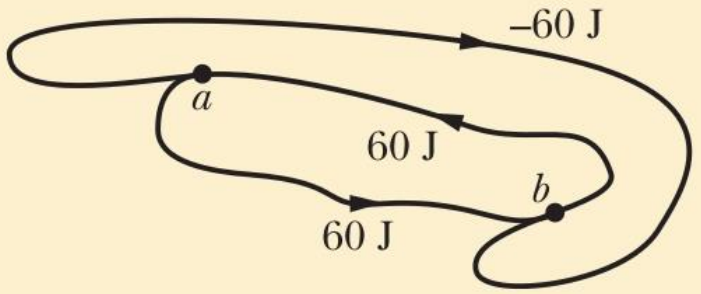
Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-1 Energia Potencial

Checkpoint 1

A figura mostra três trajetórias conectando os pontos *a* e *b*. Uma única força ***F*** realiza o trabalho indicado numa partícula que se move ao longo da trajetória no sentido indicado. Com base nesta informação a força ***F*** é conservativa?



Answer: No. The paths from $a \rightarrow b$ have different signs. One pair of paths allows the formation of a zero-work loop. The other does not.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-1 Energia Potencial

- Para o caso geral calculamos o trabalho como:

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x)\, dx. \qquad \textbf{Eq. (8-5)}$$

- Então calculamos a energia potencial como:

$$\Delta U = -\int_{x_i}^{x_f} F(x)\, dx. \qquad \textbf{Eq. (8-6)}$$

- Usando isto para calcular a EP gravitacional, relativa a uma **configuração de referência** com **ponto de referência** $y_i = 0$:

$$U(y) = mgy \qquad \textbf{Eq. (8-9)}$$

A energia potencial gravitacional associada a um sistema partícula-Terra depende apenas da posição vertical *y* (ou altura) da partícula relativa à posição de referência *y* = 0, não da posição horizontal.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-1 Energia Potencial

- Use o mesmo processo para calcular a EP da mola:

$$\Delta U = -\int_{x_i}^{x_f} (-kx)\, dx = k\int_{x_i}^{x_f} x\, dx = \tfrac{1}{2}k\Big[x^2\Big]_{x_i}^{x_f}, \qquad \textbf{Eq. (8-10)}$$

$$\Delta U = \tfrac{1}{2}kx_f^2 - \tfrac{1}{2}kx_i^2.$$

- Com ponto de referência $x_i = 0$ para uma mola relaxada:

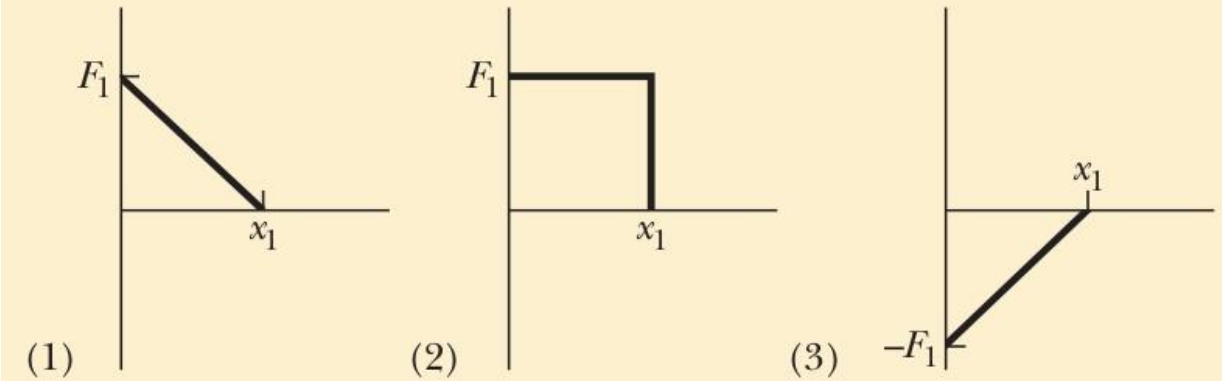
$$U(x) = \tfrac{1}{2}kx^2 \qquad \textbf{Eq. (8-11)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-1 Energia Potencial

Checkpoint 2

Uma partícula está para se mover ao longo de um eixo x a partir de $x = 0$ até x_1 enquanto uma força conservativa, dirigida ao longo do eixo x, age na partícula. A figura mostra três situações nas quais a componente x daquela força varia com x. A força tem o mesmo módulo máximo F_1 nas três situações. Ordene as situações de acordo com a mudança na energia potencial associada durante o movimento da partícula, a mais positiva primeiro.



Answer: (3), (1), (2); a positive force does positive work, decreasing the PE; a negative force (e.g., 3) does negative work, increasing the PE

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-2 Conservação de Energia Mecânica

- A energia mecânica de um sistema é a soma de suas energias potencial *U* e cinética *K*:

$$E_{\text{mec}} = K + U \qquad \textbf{Eq. (8-12)}$$

- Trabalho realizado por forças conservativas faz aumentar *K* e diminuir *U* pelo mesmo montante, então:

$$\Delta K = -\Delta U. \qquad \textbf{Eq. (8-15)}$$

- Usando subscritos para diferenciar entre instantes:

$$K_2 + U_2 = K_1 + U_1 \qquad \textbf{Eq. (8-17)}$$



Num sistema isolado onde apenas forças conservativas causam mudanças na energia, a energia cinética e a potencial podem mudar, mas sua soma, a energia mecânica do sistema E_{mec} não se altera.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-2 Conservação de Energia Mecânica

- Este é o princípio de **conservação de energia mecânica**:

$$\Delta E_{\text{mec}} = \Delta K + \Delta U = 0. \quad \textbf{Eq. (8-18)}$$

- Esta é uma ferramenta muito poderosa:



Quando a energia mecânica de um sistema é conservada, podemos relacionar a soma da energia cinética e energia potencial num instante com outro instante *sem considerar o movimento intermediário* e *sem calcular o trabalho realizado pelas forças envolvidas*.

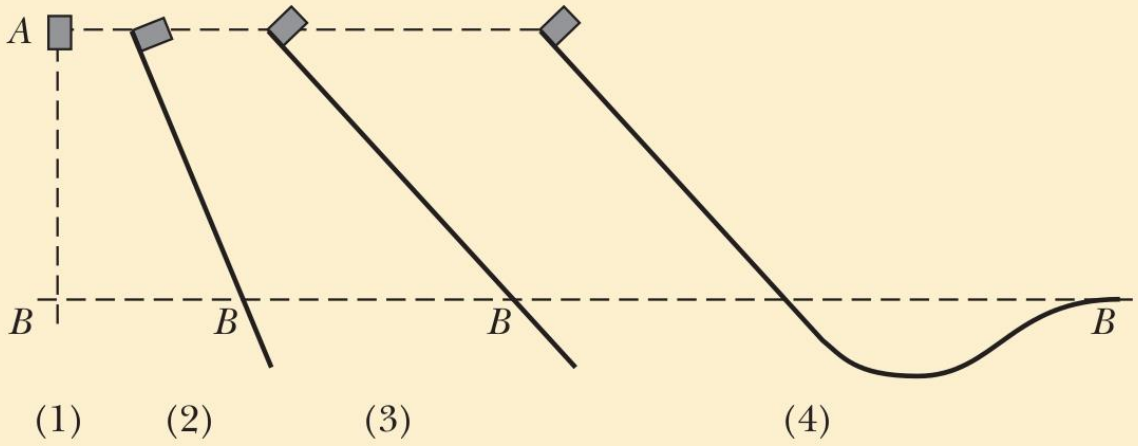
- Uma aplicação:
  - Escolha o ponto mais baixo no sistema como $U = 0$
  - Então no ponto mais alto U = max, e K = min

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-2 Conservação de Energia Mecânica

Checkpoint 3

A figura mostra quatro situações – uma na qual o bloco é solto verticalmente e três nas quais o bloco é solto em rampas sem atrito. (a) Ordene as situações de acordo com a energia cinética do bloco no ponto B, a maior primeiro. (b) Ordene-os de acordo com a velocidade do bloco no ponto B, a maior primeiro.



Answer: Since there are no nonconservative forces, all of the difference in potential energy must go to kinetic energy. Therefore all are equal in (a). Because of this fact, they are also all equal in (b).

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-3 Lendo uma Curva de Energia Potencial

- Para uma dimensão, força e energia potencial estão relacionadas (pelo trabalho) como:

$$F(x) = -\frac{dU(x)}{dx} \qquad \textbf{Eq. (8-22)}$$

- Portanto podemos encontrar a força $F(x)$ a partir de um gráfico da energia potencial $U(x)$, tomando a derivada (inclinação)
- Se escrevermos a energia mecânica:

$$U(x) + K(x) = E_{\text{mec}}. \qquad \textbf{Eq. (8-23)}$$

- Vemos como $K(x)$ varia com $U(x)$:

$$K(x) = E_{\text{mec}} - U(x). \qquad \textbf{Eq. (8-24)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-3 Lendo uma Curva de Energia Potencial

- Para encontrar $K(x)$ em um lugar qualquer, tomamos a energia mecânica total (constante) e subtraímos $U(x)$
- Locais onde $K = 0$ são **pontos de retorno**
  - Nestes, a partícula muda de sentido (K não pode ser negativo)
- Nos pontos de equilíbrio, a inclinação de $U(x)$ é 0 (zero)
- Uma partícula num **equilíbrio neutro** está estacionaria, com energia potencial apenas, e força resultante = 0
  - Se deslocado levemente para um lado ela permaneceria nesta nova posição
  - Exemplo: uma bolinha de gude numa mesa plana

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

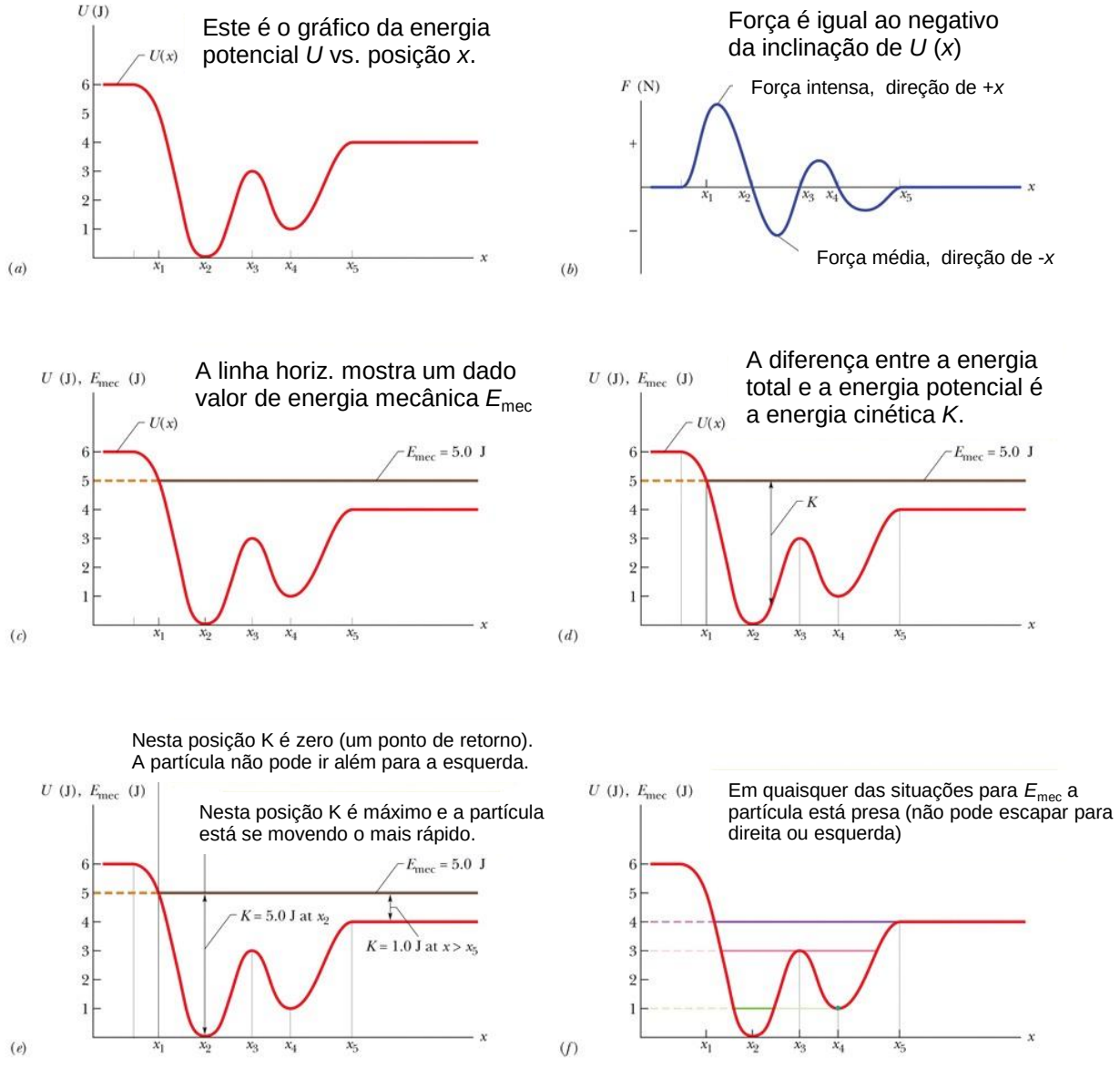
8-3 Lendo uma Curva de Energia Potencial

- Uma partícula em **equilíbrio instável** está estacionária, com energia potencial apenas, e força resultante = 0
  - Se deslocada levemente para uma direção ela sentirá uma força naquela direção
  - Exemplo: uma bola de gude sobre uma bola de boliche
- Uma partícula em **equilíbrio estável** está estacionária, com energia potencial apenas, e força resultante = 0
  - Se deslocada levemente para um lado sentirá uma força na direção de sua posição original
  - Exemplo: uma bola de gude no fundo de uma tigela

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-3 Lendo uma Curva de Energia Potencial

- Graf. (a) mostra o potencial $U(x)$
- Graf. (b) mostra a força $F(x)$
- Se desenharmos uma linha horizonta, (c) ou (f) por exemplo, podemos ver a região de posições possíveis
- $x < x_1$ é proibido para a E_{mec} em (c): a partícula não tem energia para alcançar estes pontos



Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

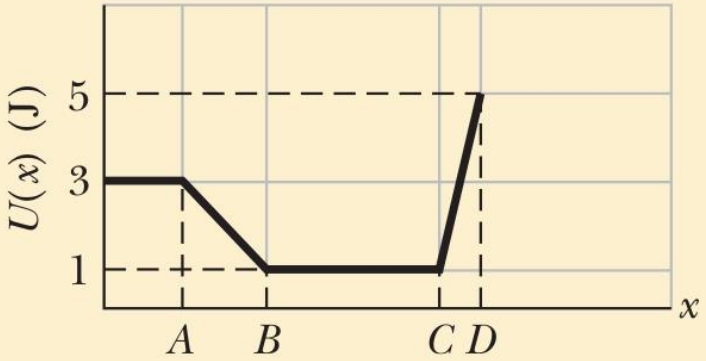
Figura 8-9

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-3 Lendo uma Curva de Energia Potencial

Checkpoint 4

A figura fornece a função energia potencial U(x) para um sistema no qual uma partícula está num movimento unidimensional. (a) Ordene as regiões *AB*, *BC*, e *CD* de acordo com a magnitude da força sobre a partícula, a maior primeiro. (b) Qual é a direção da força quando a partícula está na região *AB*?



Answer: (a) *CD*, *AB*, *BC* (b) to the right

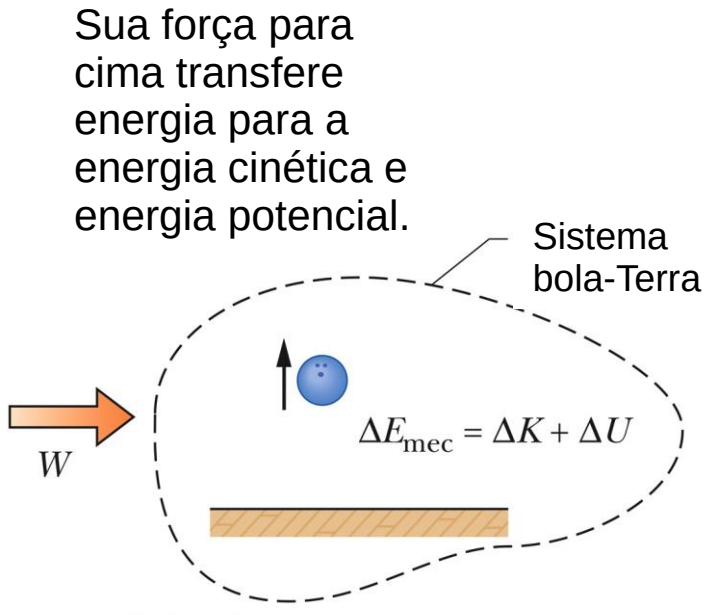
© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-4 Trabalho em um Sistema por uma Força Externa

- Estender o trab. num obj. por trabalho num sistema:

> Trabalho é energia transferida para ou a partir de um sistema por meios de uma força externa agindo sobre o sistema.

- Sistema de mais que 1 partícula, trabalho pode mudar ambas *K* e *U*, ou outras formas de energia do sistema
- Para um sistema sem atrito:



$$W = \Delta K + \Delta U, \qquad \textbf{Eq. (8-25)}$$

$$W = \Delta E_{mec} \qquad \textbf{Eq. (8-26)}$$

Figura 8-12

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-4 Trabalho em um Sistema por uma Força Externa

- Para um sistema com atrito:

$$\Delta E_{\text{th}} = f_k d$$ (aumento na energia térmica pelo deslizamento). **Eq. (8-31)**

$$W = \Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{th}}$$ **Eq. (8-33)**

- A energia térmica vem da formação e quebra de ligações entre as superfícies que deslizam

A força aplicada fornece energia. O atrito transfere parte desta para a energia térmica.

Então, o trabalho realizado pela força vai para a energia cinética e também para energia térmica.

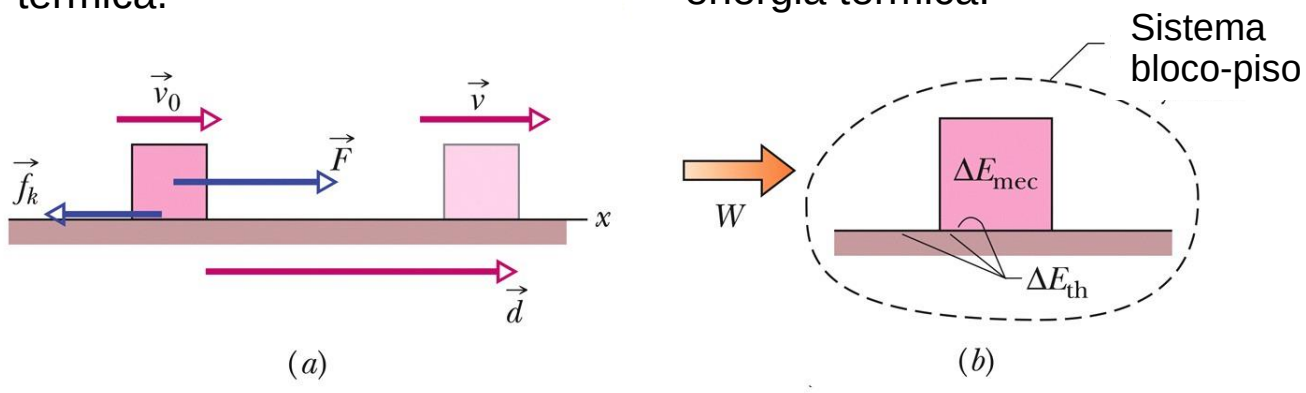


Figura 8-13

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-4 Trabalho em um Sistema por uma Força Externa

Checkpoint 5

Em três experimentos, um bloco é empurrado pela aplicação de uma força horizontal num piso que não é isento de atrito. Os módulos *F* da força aplicada e o resultado do empurrão na velocidade do bloco são fornecidos na tabela. Em todos os três experimentos o bloco é empurrado numa mesma distância d. Ordene os três experimentos de acordo com a mudança na energia térmica do bloco e do piso, a qual ocorre na distância d, a maior primeiro.

Experimento	*F*	Resultado na veloc. do bloco
a	5.0 N	diminui
b	7.0 N	permanece constante
c	8.0 N	aumenta

Answer: All trials result in equal thermal energy change. The value of f_k is the same in all cases, since μ_k has only 1 value.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-5 Conservação de Energia

- Energia transferida entre sistemas pode sempre ser computada
- A **lei de conservação de energia** diz respeito a
  - A **energia total** *E* de um sistema
  - A qual inclui a mecânica, térmica, e outras energias internas



A energia total *E* de um sistema pode mudar apenas por montantes de energia que são transferidos para ou a partir do sistema.

- Considerando somente a transf. através do trabalho:

$$W = \Delta E = \Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{th}} + \Delta E_{\text{int}}, \qquad \textbf{Eq. (8-35)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-5 Conservação de Energia

- Um sistema isolado é aquele para o qual não pode existir transferência de energia *externa*

A energia total *E* de um sistema isolado não pode mudar.

- Transf. de energia pode ocorrer internamente no sist.
- Escrevemos:

$$\Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{th}} + \Delta E_{\text{int}} = 0 \qquad \textbf{Eq. (8-36)}$$

- Ou, para dois instantes de tempo:

$$E_{\text{mec},2} = E_{\text{mec},1} - \Delta E_{\text{th}} - \Delta E_{\text{int}}. \qquad \textbf{Eq. (8-37)}$$

Num sistema isolado, podemos relacionar a energia total num instante com a energia total num outro instante *sem levar em consideração as energias em instantes intermediários*.

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-5 Conservação de Energia

- Forças externas podem agir num sistema sem realizar trabalho:

Seu empurrão no trilho causa uma transferência de energia interna para energia cinética.

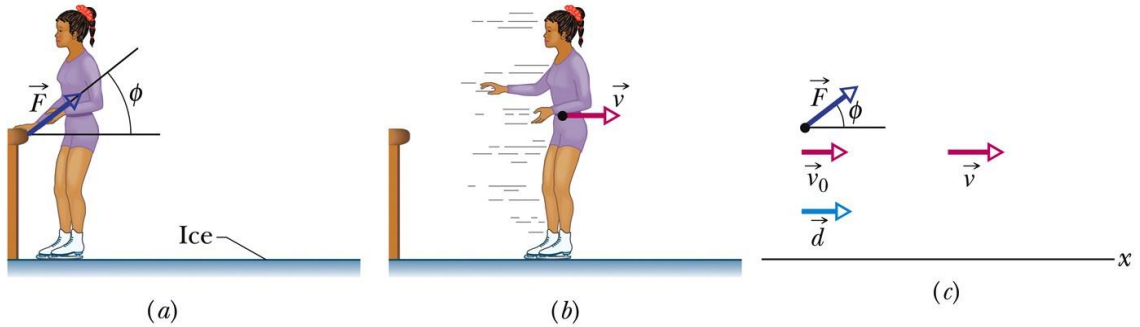


Figura 8-15

Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

- A patinadora empurra a si mesma para longe da parede
- Transforma energia química interna dos seus músculos em energia cinética
- Sua mudança em *K* é causada pela força da parede, mas a parede não fornece a ela qualquer energia

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8-5 Conservação de Energia

- Podemos expandir a definição de potência
- Em geral, potência é a taxa na qual energia de um tipo é transferida para outro por uma força
- Se energia ΔE é transferida num tempo Δt, a **potência média** é:

$$P_{\text{avg}} = \frac{\Delta E}{\Delta t}. \qquad \textbf{Eq. (8-40)}$$

- E a **potência instantânea** é:

$$P = \frac{dE}{dt}. \qquad \textbf{Eq. (8-41)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8 Sumário

Forças Conservativas

- Trabalho total sobre uma partícula numa trajetória fechada é 0

Energia Potencial

- Energia associada com a configuração de um sistema e uma força conservativa

$$\Delta U = -\int_{x_i}^{x_f} F(x)\,dx. \quad \textbf{Eq. (8-6)}$$

Energia Potencial Gravitacional

- Energia associada com Terra + uma partícula próxima

$$U(y) = mgy \quad \textbf{Eq. (8-9)}$$

Energia Potencial Elástica

- Energia associada com a compressão e distensão de uma mola

$$U(x) = \tfrac{1}{2}kx^2 \quad \textbf{Eq. (8-11)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8 Sumário

Energia Mecânica

$$E_{\text{mec}} = K + U \qquad \textbf{Eq. (8-12)}$$

- Apenas para forças conservativas num sistema isolado, a energia mecânica é conservada

Curvas de En. Potencial

$$F(x) = -\frac{dU(x)}{dx} \qquad \textbf{Eq. (8-22)}$$

- Em pontos de retorno a partícula inverte o sentido
- No equilíbrio, inclinação de $U(x)$ é 0

Trab. realizado sobre um Sist. por uma F. Externa

- Sem/com atrito:

$$W = \Delta E_{\text{mec}} \qquad \textbf{Eq. (8-26)}$$

$$W = \Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{th}} \qquad \textbf{Eq. (8-33)}$$

Conservação de Energia

- A **energia total** pode mudar apenas por quantias transferidas para dentro ou para fora do sistema

$$W = \Delta E = \Delta E_{\text{mec}} + \Delta E_{\text{th}} + \Delta E_{\text{int}}, \qquad \textbf{Eq. (8-35)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8 Sumário

Potência

- A taxa com a qual a força transfere energia
- **Potência média**:

$$P_{\text{avg}} = \frac{\Delta E}{\Delta t}. \quad \textbf{Eq. (8-40)}$$

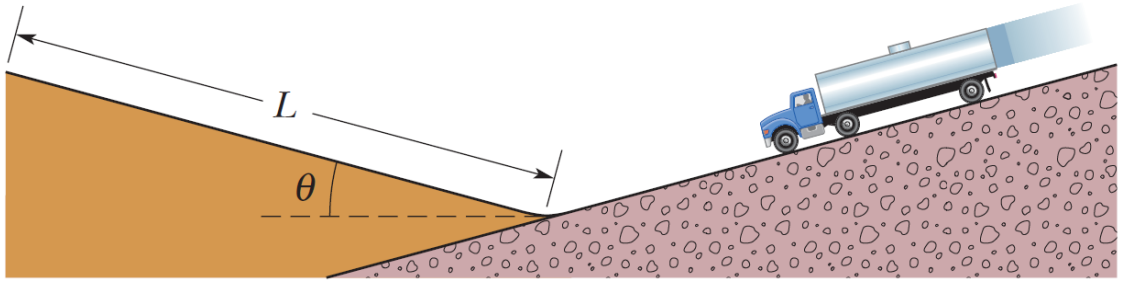
- **Potência instantânea**:

$$P = \frac{dE}{dt}. \quad \textbf{Eq. (8-41)}$$

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8 Problemas

15) Na figura abaixo um caminhão desgovernado e sem freios move-se ladeira abaixo a 130 km/h imediatamente antes do condutor jogar o caminhão para uma rampa de escape com inclinação de 15 graus. A massa do caminhão é de $1{,}2 \times 10^4$ kg. (a) Qual o comprimento mínimo L deve ter a rampa para que o caminhão pare momentaneamente ao subí-la? (assuma que o caminhão é uma partícula e justifique esta suposição). Este comprimento mínimo L aumenta, diminui ou se mantém o mesmo se (b) a massa do caminhão decresce e (c) sua velocidade diminui?

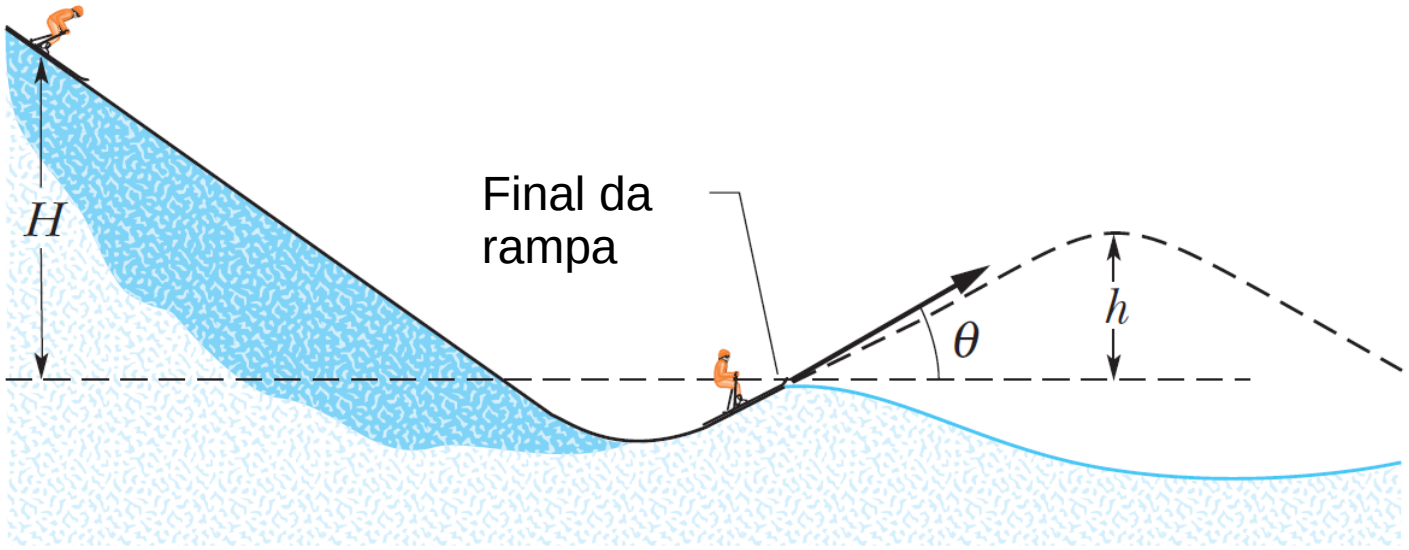




© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8 Problemas

22) Um esquiador de 60 kg parte do repouso a uma altura H = 20 m acima do final de uma rampa de salto de esqui (figura abaixo) e deixa a rampa num ângulo de 28 graus. Despreze os efeitos de resistência do ar e assuma que a rampa não tem atrito. (a) Qual é a altura máxima h de seu salto acima do final da rampa? (b) Se ele aumentar seu peso levando uma mochila, h seria maior, menor ou o mesmo ?



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8 Problemas

40) A energia potencial de uma molécula diatômica (um sistema de dois átomos como H2 ou O2) é dada por:

$$U = \frac{A}{r^{12}} - \frac{B}{r^{6}}$$

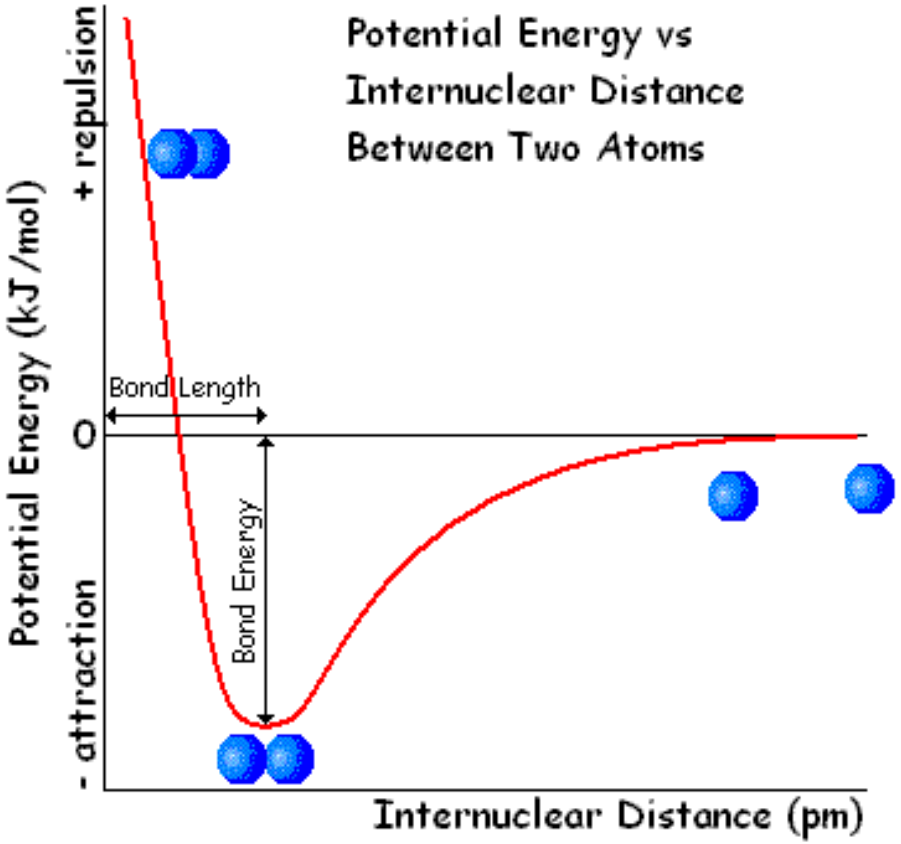
Onde r é a separação entre os dois átomos da molécula e A e B são constante positivas. Esta energia potencial está associada com a força que liga os dois átomos. (a) Encontre a distância de equilíbrio – isto é, a distância entre os átomos na qual a força em cada átomo é zero. Esta força é repulsiva (os átomos são empurrados para longe) ou atrativa (eles são atraídos para perto) se sua distância é (b) menor e (c) maior que a distância de equilíbrio?

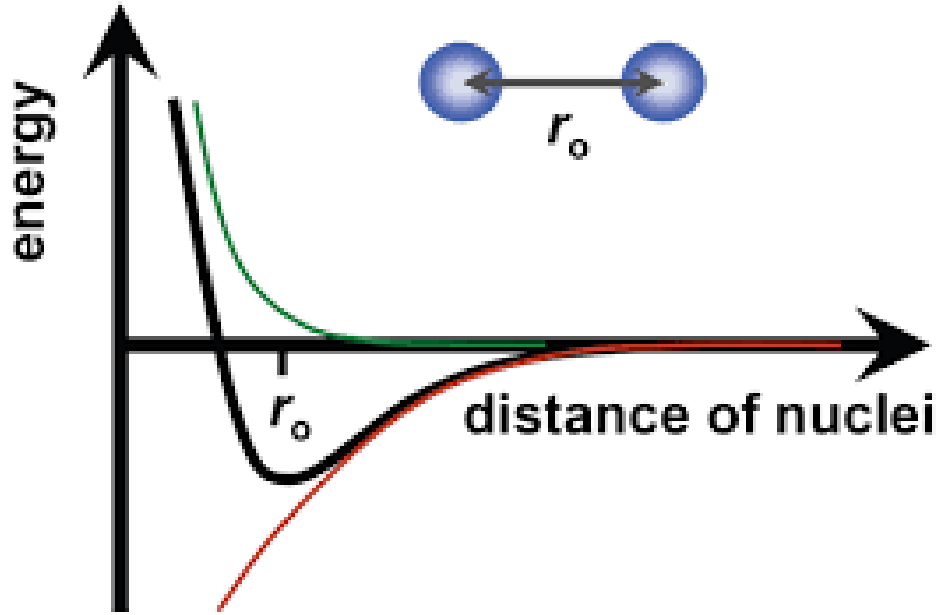
© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8 Problemas

40)

$$U = \frac{A}{r^{12}} - \frac{B}{r^{6}}$$





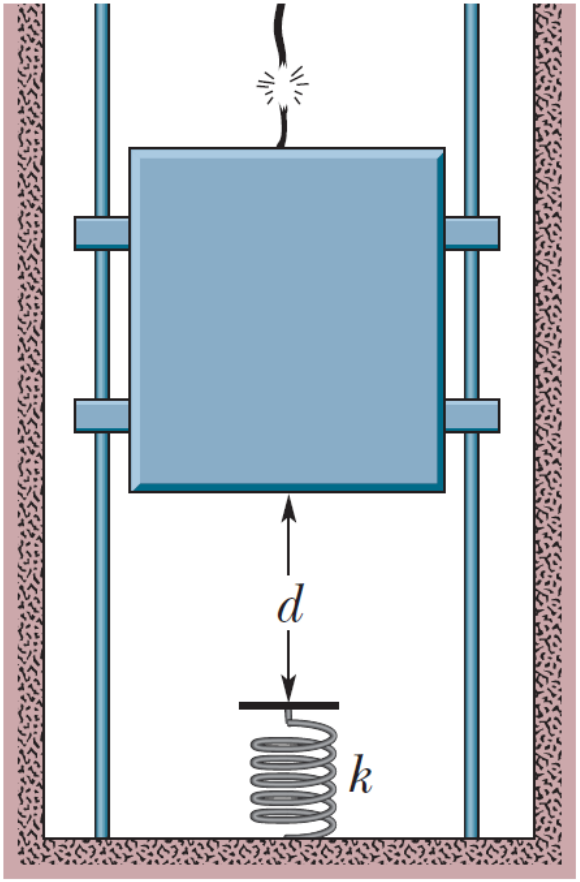
https://www.google.com/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.seos-project.eu%2Fmodules%2Flaser-rs%2Fimages%2Fmolecular-bond-en.png&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.seos-project.eu%2Fmodules%2Flaser-rs%2Flaser-rs-c07-s02-p01.html&docid=JoG19JGnctJxAM&tbnid=WjrwsPhJMSti6M%3A&vet=10ahUKEwjvw_7zvv7aAhUKIJAKHZvGD0wQMwhnKB4wHg..i&w=600&h=400&bih=614&biw=1280&q=equilibrium%20separation%20diatomic%20molecule&ved=0ahUKEwjvw_7zvv7aAhUKIJAKHZvGD0wQMwhnKB4wHg&iact=mrc&uact=8

https://www.physicsforums.com/threads/why-does-the-potential-energy-get-lower-as-atoms-get-closer.897854/

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8 Problemas

63) O cabo de um elevador se rompe quando este se encontra parado a uma distância d = 3,7 m acima de uma mola com constante elástica k = 0,15 MN/m. A massa do elevador é 1.800 kg. Um sistema de segurança trava o elevador contra um trilho de modos que a força de atrito constante de 4,4 kN se oponha ao movimento do elevador. (a) Encontre a velocidade do elevador imediatamente antes dele colidir com a mola. (b) Encontre a distância máxima y que a mola é comprimida (a força de atrito ainda age durante a compressão). (c) Encontre a distância que o elevador ainda subirá após a primeira compressão da mola. (d) Usando conservação de energia, encontre a distância total aproximada que o elevador percorrerá antes de parar. (assuma que a força de atrito no elevador é desprezível quando o mesmo está parado).



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

8 Lista de exercícios

Halliday 9ª. Edição

Cap. 8:

Problemas 3; 7; 15; 19; 22; 27; 38; 45; 57; 78

Ou

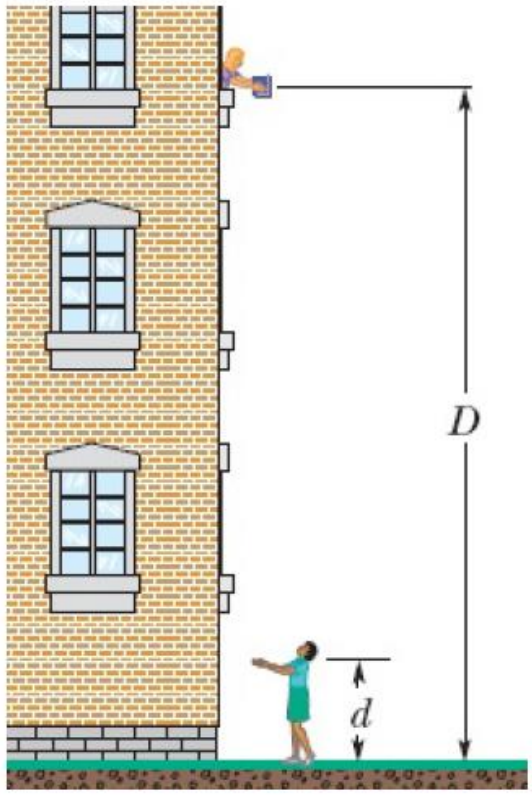
Halliday 10ª. Edição

Cap. 8:
Problemas 3; 7; 15; 19; 22; 27; 38; 45; 57; 78

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 8-3

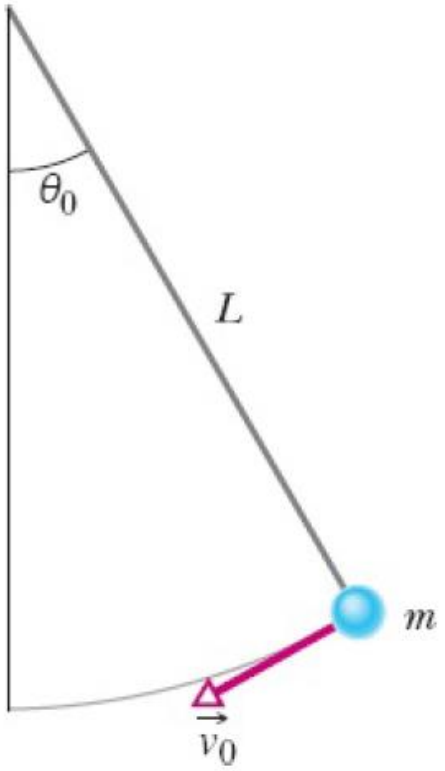
Você deixa cair um livro de 2,00 kg para uma amiga que está na calçada, a uma distância D = 10,0 m abaixo de você. Se as mãos estendidas da sua amiga estão a uma distância d = 1,5 m acima do solo (Fig. 8-30), (a) qual é o trabalho W_g realizado sobre o livro pela força gravitacional até o livro cair nas mãos da sua amiga? (b) Qual é a variação ΔU da energia potencial gravitacional do sistema livro-Terra durante a queda? Se a energia potencial gravitacional U do sistema é considerada nula no nível do solo, qual é o valor de U (c) quando você deixa cair o livro e (d) quando o livro chega às mãos da sua amiga? Suponha agora que o valor de U é 100 J ao nível do solo e calcule novamente (e) W_g, (f) ΔU, (g) U no ponto do qual você deixou cair o livro e (h) U no ponto em que o livro chegou às mãos da sua amiga.



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 8-7

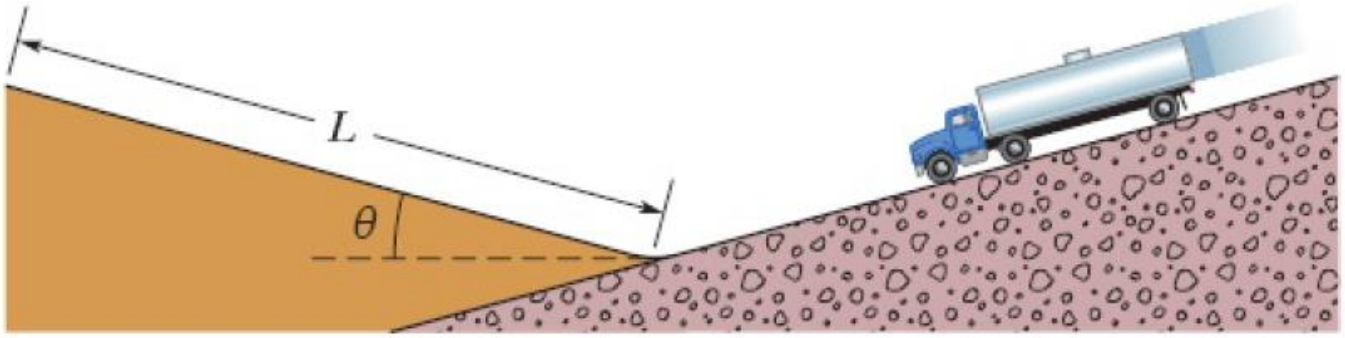
A Fig. 8-34 mostra uma haste fina, de comprimento L = 2,00 m e massa desprezível, que pode girar em torno de uma das extremidades para descrever uma circunferência vertical. Uma bola, de massa m = 5,00 kg, está presa na outra extremidade. A haste é puxada lateralmente até fazer um ângulo θ_0 = 30,0° com a vertical e liberada com velocidade inicial 0 = 0. Quando a bola desce até o ponto mais baixo da circunferência, (a) qual é o trabalho realizado sobre a bola pela força gravitacional e (b) qual é a variação da energia potencial do sistema bola-Terra? (c) Se a energia potencial gravitacional é tomada como zero no ponto mais baixo da circunferência, qual é seu valor no momento em que a bola é liberada? (d) Os valores das respostas dos itens de (a) a (c) aumentam, diminuem ou permanecem os mesmos se o ângulo θ_0 é aumentado?



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 8-15

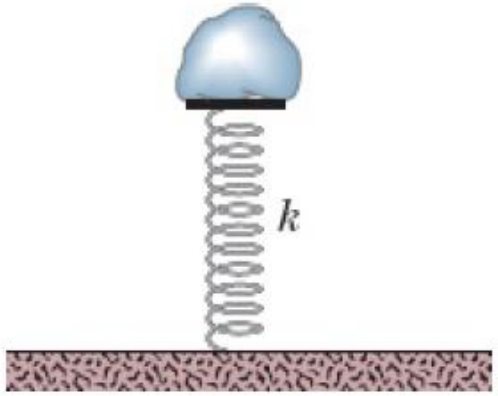
Na Fig. 8-35, um caminhão perdeu os freios quando estava descendo uma ladeira a 130 km/h e o motorista dirigiu o veículo para uma rampa de emergência, sem atrito, com uma inclinação $\theta = 15°$. A massa do caminhão é $1{,}2 \times 10^4$ kg. (a) Qual é o menor comprimento L que a rampa deve ter para 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?



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 8-19

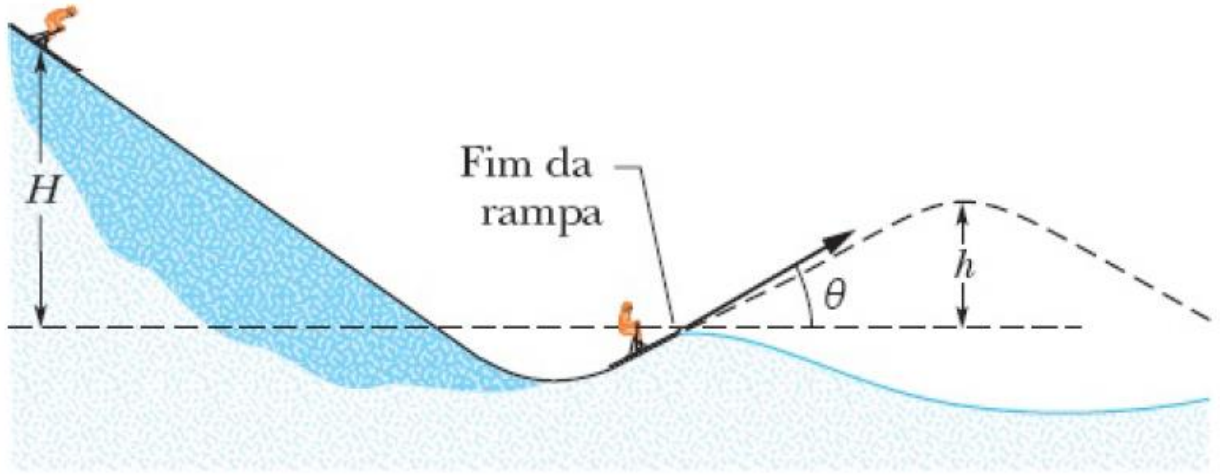
A Fig. 8-36 mostra uma pedra de 8,00 kg em repouso sobre uma mola. A mola é comprimida 10,0 cm pela pedra. (a) Qual é a constante elástica da mola? (b) A pedra é empurrada mais 30 cm para baixo e liberada. Qual é a energia potencial elástica da mola comprimida antes de ser liberada? (c) Qual é a variação 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 a altura máxima, medida a partir do ponto onde a pedra foi liberada?



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 8-22

Um esquiador de 60 kg parte do repouso a uma altura H = 20 m acima da extremidade de uma rampa para saltos de esqui (Fig. 8-37) e deixa a rampa fazendo um ângulo θ = 28° com a horizontal. Despreze os efeitos da resistência do ar e suponha que a rampa não tem atrito. (a) Qual é a altura máxima h do salto em relação à extremidade da rampa? (b) Se o esquiador aumentasse o próprio peso colocando uma mochila nas costas, h seria maior, menor ou igual?



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 8-27

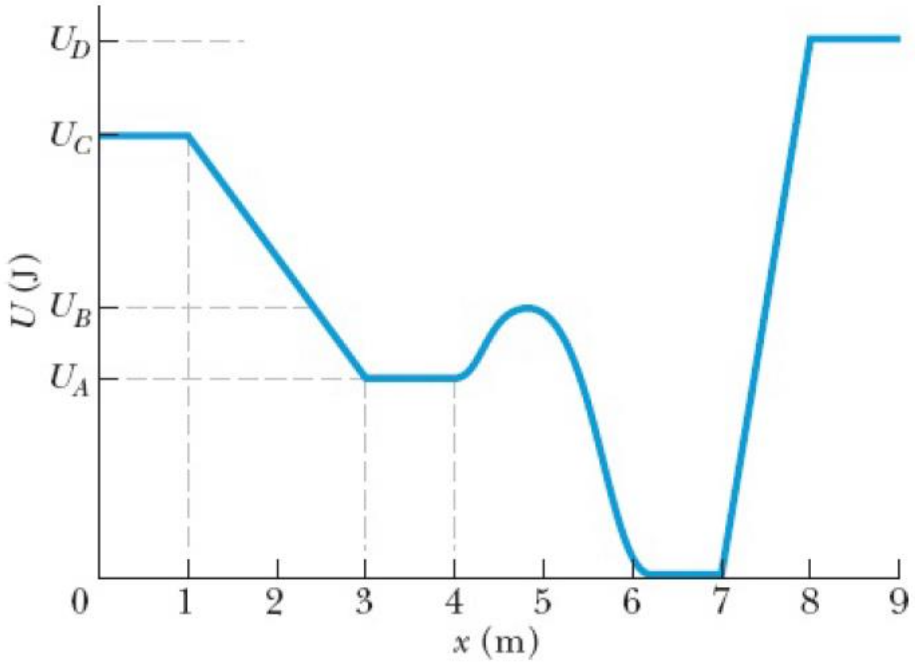
Tarzan, que pesa 688 N, salta de um penhasco, pendurado na extremidade de um cipó com 18 m de comprimento (Fig. 8-40). Do alto do penhasco até o ponto mais baixo da trajetória, ele desce 3,2 m. O cipó se romperá se for submetido a uma força maior que 950 N. (a) O cipó se rompe? Se a resposta for negativa, qual é a maior força a que é submetido o cipó? Se a resposta for afirmativa, qual é o ângulo que o cipó está fazendo com a vertical no momento em que se rompe?



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 8-38

A Figura 8-49 mostra um gráfico da energia potencial U em função da posição x para uma partícula de 0,200 kg que pode se deslocar apenas ao longo de um eixo x sob a influência de uma força conservativa. Três dos valores mostrados no gráfico são U_A = 9,00 J, U_C = 20,00 J e U_D = 24,00 J. A partícula é liberada no ponto em que U forma uma "barreira de potencial" de "altura" U_B = 12,00 J, com uma energia cinética de 4,00 J. Qual é a velocidade da partícula (a) em x = 3,5 m e (b) em x = 6,5 m? Qual é a posição do ponto de retorno (c) do lado direito e (d) do lado esquerdo?



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

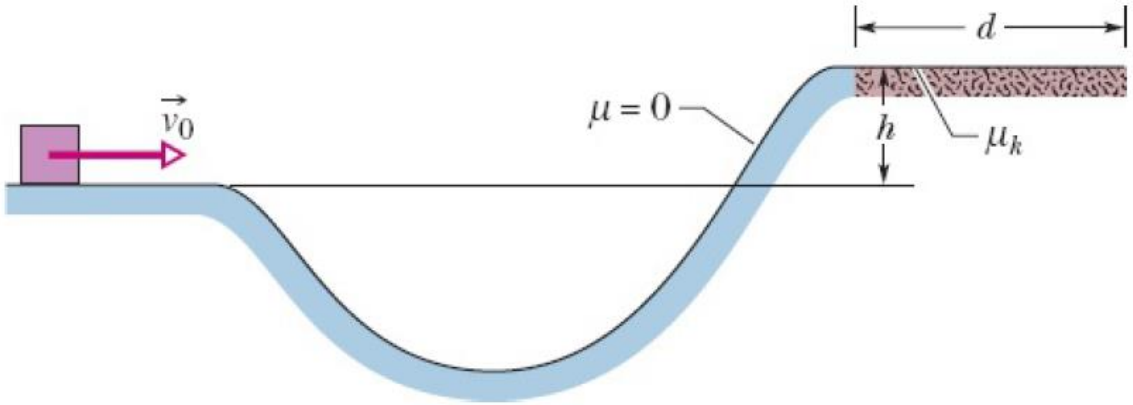
Problema 8-45

Uma corda é usada para puxar um bloco de 3,57 kg com velocidade constante, por 4,06 m, em um piso horizontal. A força que a corda exerce sobre o bloco é 7,68 N, 15,0° acima da horizontal. Qual é (a) o trabalho realizado pela força da corda, (b) qual o aumento na energia térmica do sistema bloco-piso e (c) qual o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o piso?

© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 8-57

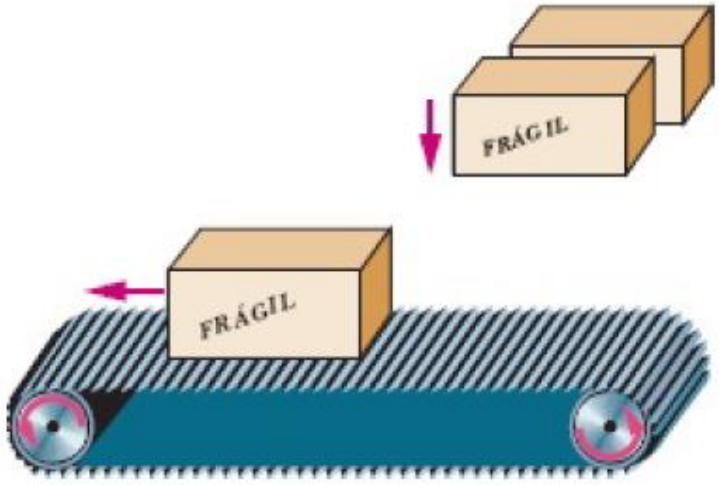
Na Fig. 8-54, um bloco desliza ao longo de uma pista, de um nível para outro mais elevado, passando por um vale intermediário. A pista não possui atrito até o bloco atingir o nível mais alto, onde uma força de atrito faz com que o bloco fique em repouso depois de percorrer uma distância d. A velocidade 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.



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Problema 8-78

Em uma fábrica, caixotes de 300 kg são deixados cair verticalmente de uma máquina de empacotamento em uma esteira transportadora que se move a 1,20 m/s (Fig. 8-64). (A velocidade da esteira é mantida constante por um motor.) O coeficiente de atrito cinético entre a esteira e cada caixote é 0,400. Após um pequeno intervalo de tempo, deixa de haver deslizamento entre a esteira e o caixote, que passa a se mover com a mesma velocidade que a esteira. Para o intervalo de tempo no qual o caixote está deslizando sobre a esteira, calcule, tomando como referência um sistema de coordenadas em repouso em relação à fábrica, (a) a energia cinética total fornecida ao caixote, (b) o módulo da força de atrito cinético que age sobre o caixote e (c) a energia total fornecida pelo motor. (d) Explique por que as respostas dos itens (a) e (c) são diferentes.



© 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.