Capítulo 7

Energia Cinética e Trabalho

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

Cap. 7 – Energia cinética e trabalho

Energia
1 joule = 1 J = 1 kg.m²/s²

Energia cinética

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Trabalho da força gravitacional

$$\Delta K = K_f - K_i = W_a + W_g$$

$$W_g = mgd\cos\phi$$

Força elástica

$$\vec{F}_s = -k\vec{d}$$

Teorema energia cinética - trabalho

$$\Delta K = K_f - K_i = W$$

Trabalho da força elástica (variável; 1 dimensão)

$$W_s = \int_{x_i}^{x_f} -F_x dx = \frac{1}{2}kx_i^2 - \frac{1}{2}kx_f^2$$

Trabalho (energia transferida)

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

Potência média

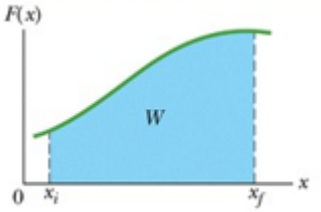
$$P_{avg} = \frac{W}{\Delta t}$$

Potência instantânea

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

Trabalho de força variável genérica

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



7-1 Energia Cinética

- Energia é necessária para qualquer tipo de movim.
- Energia:
  - É uma grandeza escalar associada a um objeto ou a um sistema de objetos
  - Pode alterar de uma forma a outra
  - É *conservada* em um sistema fechado, isto é, a quantidade de energia total de todos os tipos é sempre a mesma
- Neste capítulo discutimos um tipo de energia (energia cinética)
- Também discutimos um método de transferência de energia (o trabalho)

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

7-1 Energia Cinética

- **Energia Cinética**:
  - Quão mais rápido um objeto se move, maior sua energia cinética
  - Energia cinética é zero para um objeto estacionário
- Para um objeto com velocidade *v* bem abaixo da veloc. da luz:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \qquad \textbf{Eq. (7-1)}$$

- A unidade de energia cinética é um **joule** (J)

$$1\ \text{joule} = 1\ \text{J} = 1\ \text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2. \qquad \textbf{Eq. (7-2)}$$

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

7-1 Energia Cinética

Exemplo Em 1896 em Waco, Texas, William Crush parou duas locomotivas em lados opostos de um trecho de trilhos de 6,4 km, colocou as locomotivas para funcionar, acelerou-as ao máximo e permitiu que eles se chocassem de frente em velocidade máxima (figura ao lado) em frente a 30.000 espectadores. Centenas de pessoas foram feridas pelos destroços soltos e diversas foram mortas. Assumindo que cada locomotiva pesava $1,2 \times 10^6$ N e sua aceleração era constante de 0,26 m/s^2, qual era a energia cinética total das duas locomotivas imediatamente antes da colisão?



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

7-1 Energia Cinética

Exemplo Energia liberada por 2 trens colidindo, dados os pesos e aceleração:

- Calcule a velocidade final de cada locomotiva:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0).$$

$$v^2 = 0 + 2(0.26\ \text{m/s}^2)(3.2 \times 10^3\ \text{m}),$$
$$v = 40.8\ \text{m/s} = 147\ \text{km/h}.$$

- Calcule a massa a parir do peso: $m = \dfrac{1.2 \times 10^6\ \text{N}}{9.8\ \text{m/s}^2} = 1.22 \times 10^5\ \text{kg}.$
- Encontre a energia cinética:

$$K = 2(\tfrac{1}{2}mv^2) = (1.22 \times 10^5\ \text{kg})(40.8\ \text{m/s})^2$$
$$= 2.0 \times 10^8\ \text{J}.$$

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

7-2 Trabalho e Energia Cinética

- As mudanças na energia cinética são causadas pela transferência de energia *a partir de* ou *para* um objeto
- Numa transferência de energia por meio de uma força, **trabalho** é *realizado no objeto pela força*



Trabalho W é energia transferida para ou a partir de um objeto por meio de uma força agindo sobre o objeto. Energia transferida para o objeto é trabalho positivo e energia transferida a partir de um objeto é trabalho negativo.

- Este não é o significado comum da palavra “trabalho”
  - Para realizar trabalho em um objeto, energia precisa ser transferida
  - Jogar uma bola de basebol significa realizar trabalho
  - Empurrar uma parede imóvel significa não realizar trabalho

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

7-2 Trabalho e Energia Cinética

- Comecemos com a equação da força e velocidade em 1D:

$$F_x = ma_x, \qquad \text{Eq. (7-3)}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d. \qquad \text{Eq. (7-4)}$$

- Rearranjamos em energias cinéticas:

$$\tfrac{1}{2}mv^2 - \tfrac{1}{2}mv_0^2 = F_x d. \qquad \text{Eq. (7-5)}$$

- O lado esquerdo é agora a variação de energia
- Então o trabalho é:

$$W = F_x d. \qquad \text{Eq. (7-6)}$$

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

7-2 Trabalho e Energia Cinética



Para calcular o trabalho que uma força realiza sobre um objeto que se desloca utilizamos somente a componente da força ao longo do deslocamento do objeto. A componente da força perpendicular ao deslocamento produz trabalho nulo.

- Para um ângulo ϕ entre a força e o deslocamento:

$$W = Fd\cos\phi \qquad \textbf{Eq. (7-7)}$$

- Como vetores:

$$W = \vec{F}\cdot\vec{d} \qquad \textbf{Eq. (7-8)}$$

- Notas sobre estas equações:
  - A força é constante
  - O objeto se comporta como partícula (rígido)
  - Trabalho pode ser positivo ou negativo

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

7-2 Trabalho e Energia Cinética

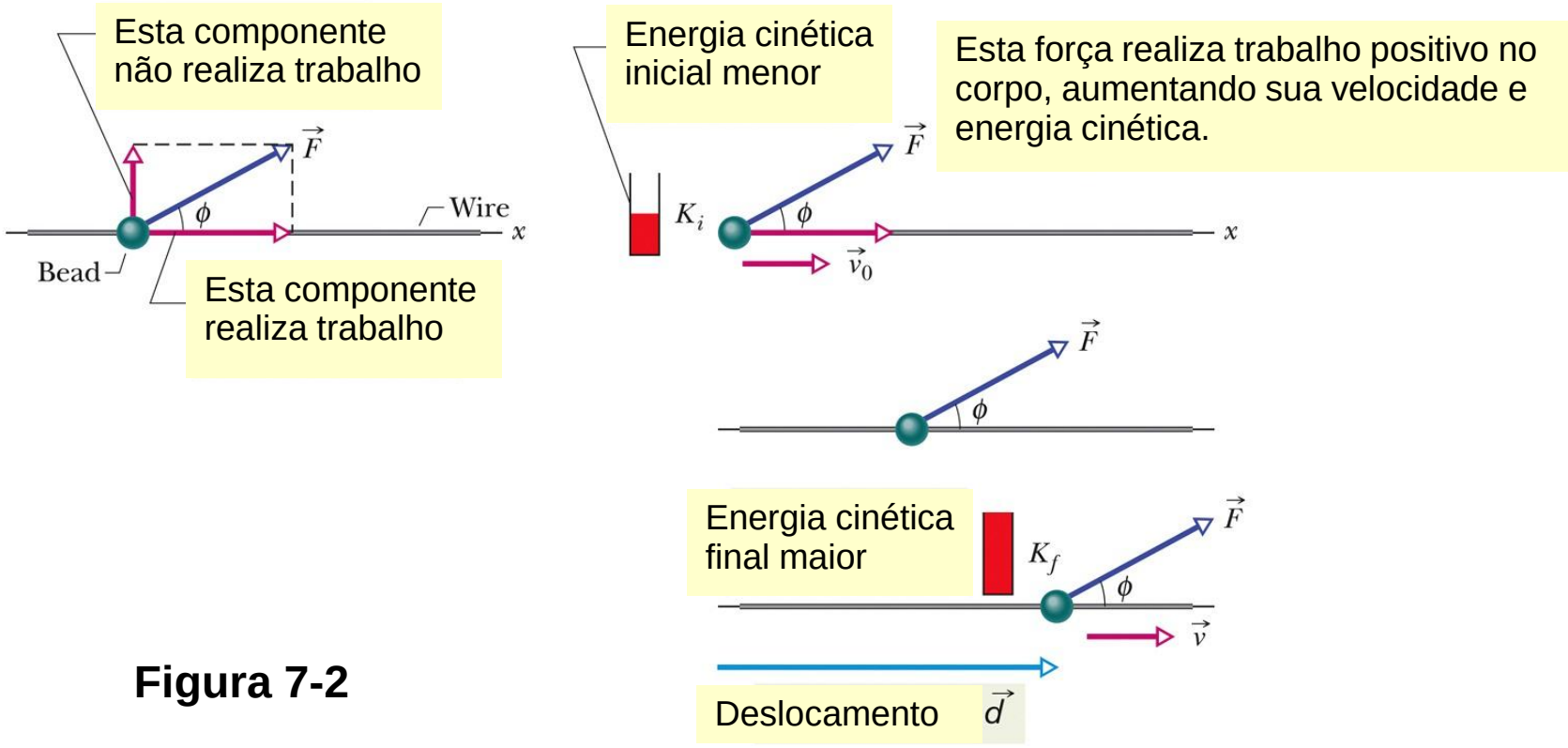


Figura 7-2

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

- Trabalho tem unidade de joules (J) no SI, a mesma da energia
- No sistema britânico, a unidade é o libra-pé (ft lb)

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

7-2 Trabalho e Energia Cinética



Uma força realiza trabalho positivo quando tem uma componente vetorial na mesma direção e sentido do deslocamento e realiza trabalho negativo quando tem uma componente vetorial em sentido oposto. Não realiza trabalho (ou realiza trabalho nulo) quando não há esta componente.

- Para duas ou mais forças, o **trabalho total (W)** é a soma dos trabalhos realizados por todas as forças individualmente
- Dois métodos para calcular o trabalho total:
  - Podemos calcular todos os trabalhos e somá-los individualmente
  - Podemos pegar o vetor da força resultante (F_R) e calcular o trabalho total diretamente

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

7-2 Trabalho e Energia Cinética

- O **teorema energia cinética-trabalho** diz:

$$\Delta K = K_f - K_i = W, \qquad \textbf{Eq. (7-10)}$$

- (variação na en. cinética) = (trabalho total realizado)

- Ou podemos escrever como:

$$K_f = K_i + W, \qquad \textbf{Eq. (7-11)}$$

- (EC *final)* = (EC *inicial*) + (trabalho total)

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

7-2 Trabalho e Energia Cinética

- O teorema energia cinética-trabalho funciona para trabalhos positivos ou negativos

Exemplo Se a energia cinética de uma partícula é inicialmente 5 J:

- Uma transferência de 2 J para a partícula (trab. positivo)
  - EC final = 7 J
- Uma transferência de 2 J a partir da partícula(trab. negativo)
  - EC final = 3 J

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

7-2 Trabalho e Energia Cinética



Checkpoint 1

Uma partícula se move ao longo do eixo x. A energia cinética da partícula cresce, decresce ou permanece a mesma se a velocidade da partícula muda (a) de -3 m/s para 2 m/s e (b) de -2 m/s para 2 m/s? (c) Em cada situação o trabalho realizado sobre a partícula é positivo, negativo ou zero?

Answer: (a) energy decreases (b) energy remains the same

(c) work is negative for (a), and work is zero for (b)

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

7-3 Trabalho Realizado pela Força Gravitacional

- Calculamos o trabalho como para qualquer força
- Nossa equação é:

$$W_g = mgd\cos\phi \qquad \textbf{Eq. (7-12)}$$

- Para um objeto subindo:

$$W_g = mgd\cos 180° = mgd(-1) = -mgd. \qquad \textbf{Eq. (7-13)}$$

- Para um objeto caindo:

$$W_g = mgd\cos 0° = mgd(+1) = +mgd. \qquad \textbf{Eq. (7-14)}$$

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

7-3 Trabalho Realizado pela Força Gravitacional

- Trabalho realizado em içar ou arriar um objeto, aplicando uma força para cima:

$$\Delta K = K_f - K_i = W_a + W_g, \quad \textbf{Eq. (7-15)}$$

- Para um objeto estacionário:
  - Energias cinéticas são zero
  - Encontramos:

$$W_a + W_g = 0$$

$$W_a = -W_g. \quad \textbf{Eq. (7-16)}$$

- Em outras palavras, para uma força para cima:

$$W_a = -mgd\cos\phi \quad (\text{trabalho realizado içando ou arriando } ; K_f = K_i), \quad \textbf{Eq. (7-17)}$$

- Funciona em qualquer caminho

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

7-3 Trabalho Realizado pela Força Gravitacional

- A figura 7-7 mostra as orientações de forças e seus trabalhos associados para deslocamentos para cima e para baixo
- Note que os trabalhos (em 7-16) não precisam ser iguais, eles apenas são iguais se as energias cinéticas inicial e final são iguais
- Se os trabalhos não são iguais precisamos saber a diferença entre as energias cinéticas inicial e final para calcular o trabalho

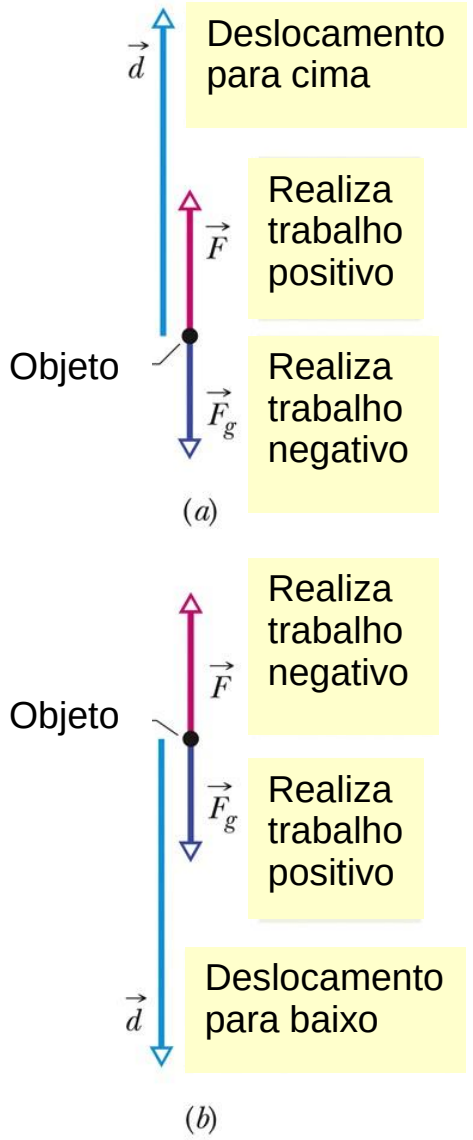


Figura 7-7

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

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

7-3 Trabalho Realizado pela Força Gravitacional

Exemplos Você é um passageiro:

- Sendo puxado para cima numa pista de esqui
  - A tensão realiza um trabalho positivo, a gravidade negativo

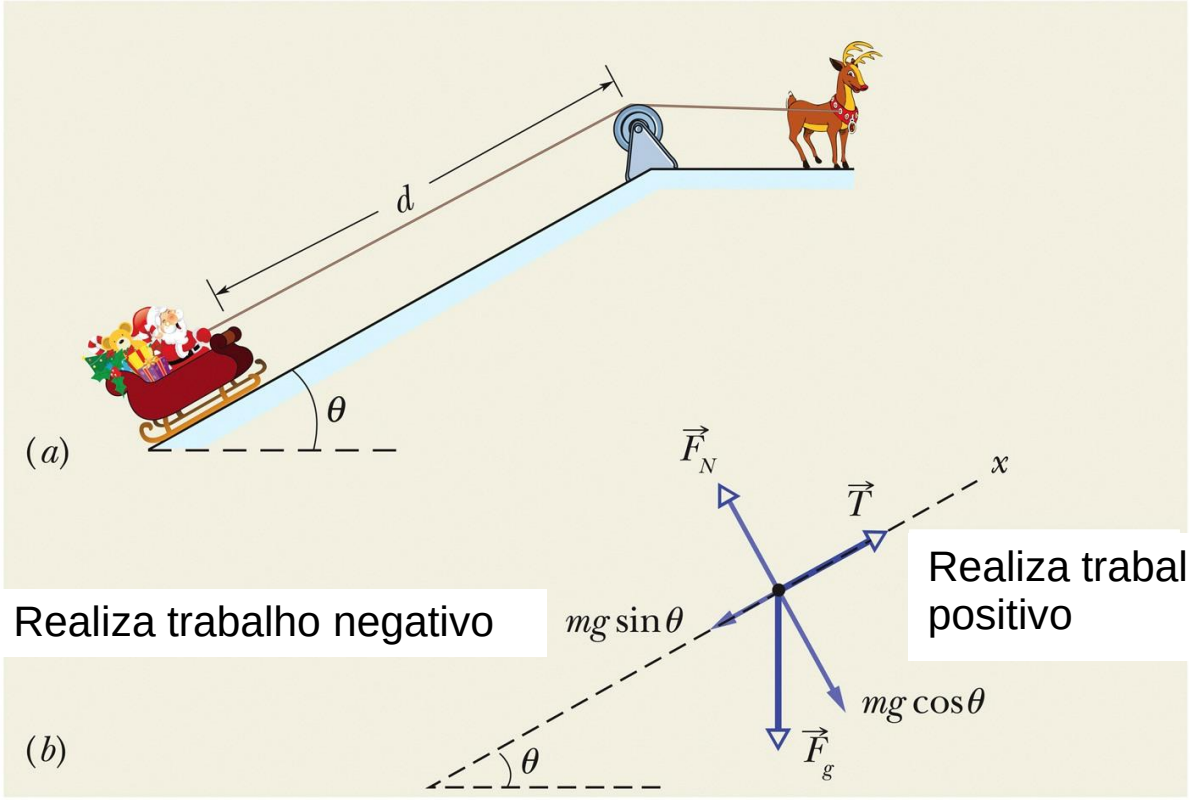


Figura 7-8

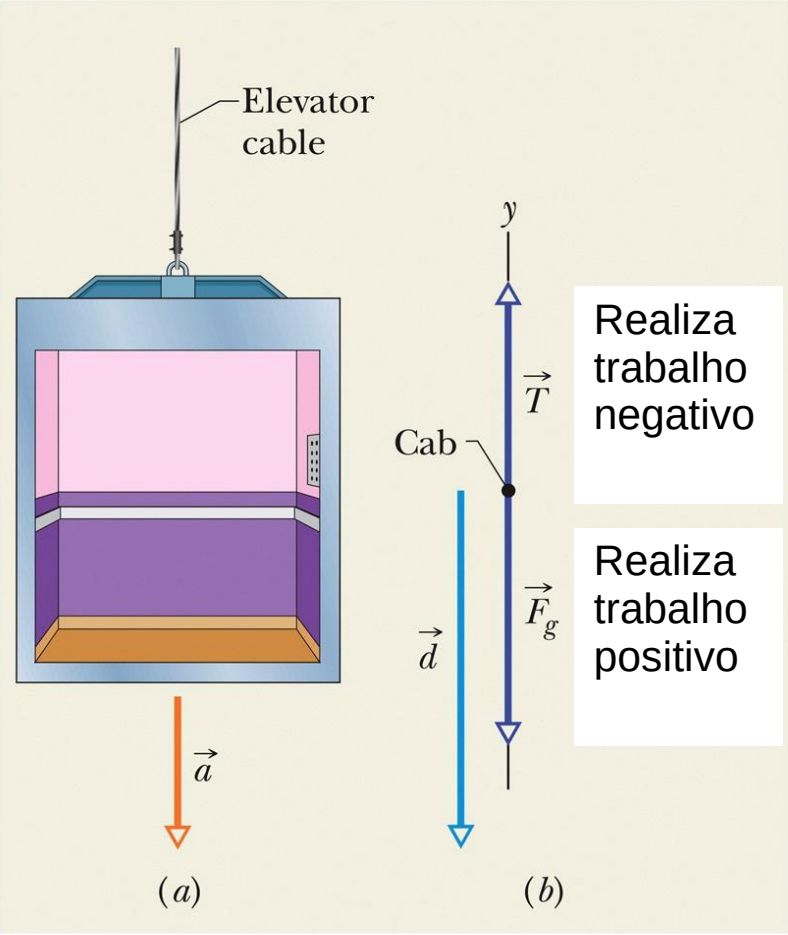
Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

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

7-3 Trabalho Realizado pela Força Gravitacional

Exemplos Você é um passageiro:

- Sendo arriado por um elevador
  - Tensão realiza trabalho negativo, gravidade positivo



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

Figura 7-9

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

7-4 Trabalho Realizado por Força Elástica

- Uma **força elástica** é a força variável de uma mola
  - Força da mola tem uma forma matemática particular
  - Muitas forças na natureza têm esta forma
- Figura (a) mostra a mola em seu **estado relaxado**: uma vez que não está nem comprimida nem distendida, nenhuma força é aplicada
- Se esticamos ou comprimimos a mola ela resiste e uma *força restauradora* se apresenta e tenta fazer com que a mola retorne ao estado relaxado

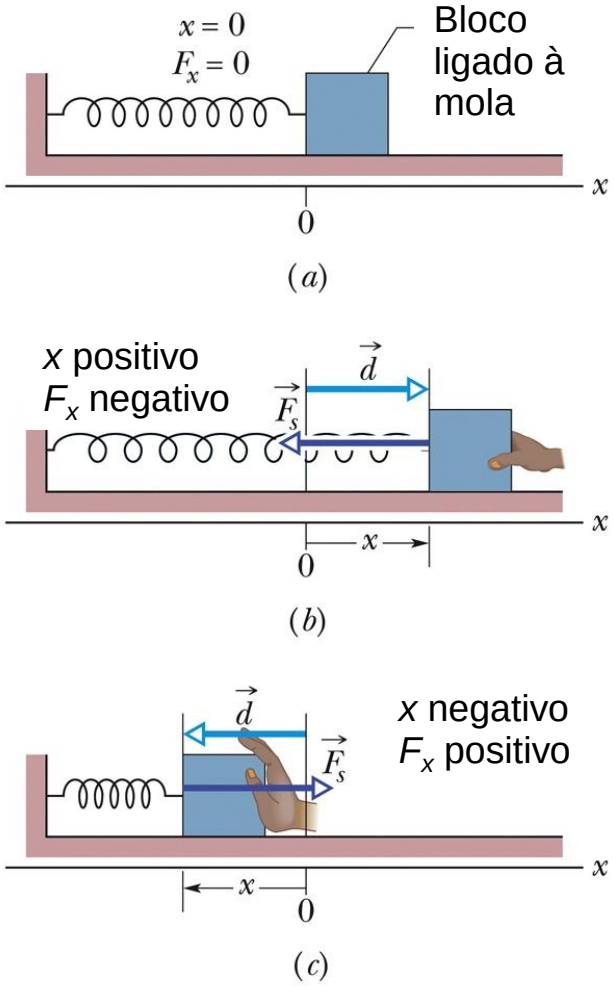


Figura 7-10

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

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

7-4 Trabalho Realizado por Força Elástica

- A força da mola é dada pela **Lei de Hooke**:

$$\vec{F}_s = -k\vec{d} \qquad \textbf{Eq. (7-20)}$$

- O sinal negativo mostra que a força sempre se opõe ao deslocamento
- A **constante elástica (ou de força da mola)** *k* é uma medida da rigidez da mola
- Esta é uma força variável (função da posição) e exibe uma relação linear entre *F* e *d*
- Para uma mola ao longo do eixo *x* podemos escrever:

$$F_x = -kx \qquad \textbf{Eq. (7-21)}$$

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

7-4 Trabalho Realizado por Força Elástica

- Podemos calcular o trabalho integrando:

$$W_s = \int_{x_i}^{x_f} -F_x \, dx. \qquad \textbf{Eq. (7-23)}$$

- Substituindo kx em F_x:

$$W_s = \tfrac{1}{2}kx_i^2 - \tfrac{1}{2}kx_f^2 \qquad \textbf{Eq. (7-25)}$$

- O trabalho:
  - Pode ser positivo ou negativo
  - Depende da energia *total* transferida

Trabalho W_s é positivo se o bloco terminar mais perto da posição relaxada (x=0) do que estava inicialmente. É negativo se o bloco terminar mais distante de x=0. É zero se o bloco terminar na mesma distância de x=0.

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

7-4 Trabalho Realizado por Força Elástica

- Para uma posição inicial $x = 0$:

$$W_s = -\tfrac{1}{2}kx^2 \qquad \textbf{Eq. (7-26)}$$

- Para uma força aplicada onde as energias cinéticas inicial e final são zero:

$$W_a = -W_s. \qquad \textbf{Eq. (7-28)}$$



Se um bloco que está ligado a uma mola está estacionário antes e depois do deslocamento, então o trabalho realizado sobre ele pela força aplicada deslocando-o é o negativo do trabalho realizado sobre ele pela força da mola.

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

7-4 Trabalho Realizado por Força Elástica

Checkpoint 2

Para três situações, as posições inicial e final, respectivamente, ao longo do eixo x para o bloco da figura 7-10 são (a) -3 cm, 2 cm; (b) 2 cm, 3 cm; e (c) -2 cm, 2 cm. Em cada situação o trabalho realizado pela força da mola sobre o bloco é positivo, negativo ou zero?

Answer: (a) positive

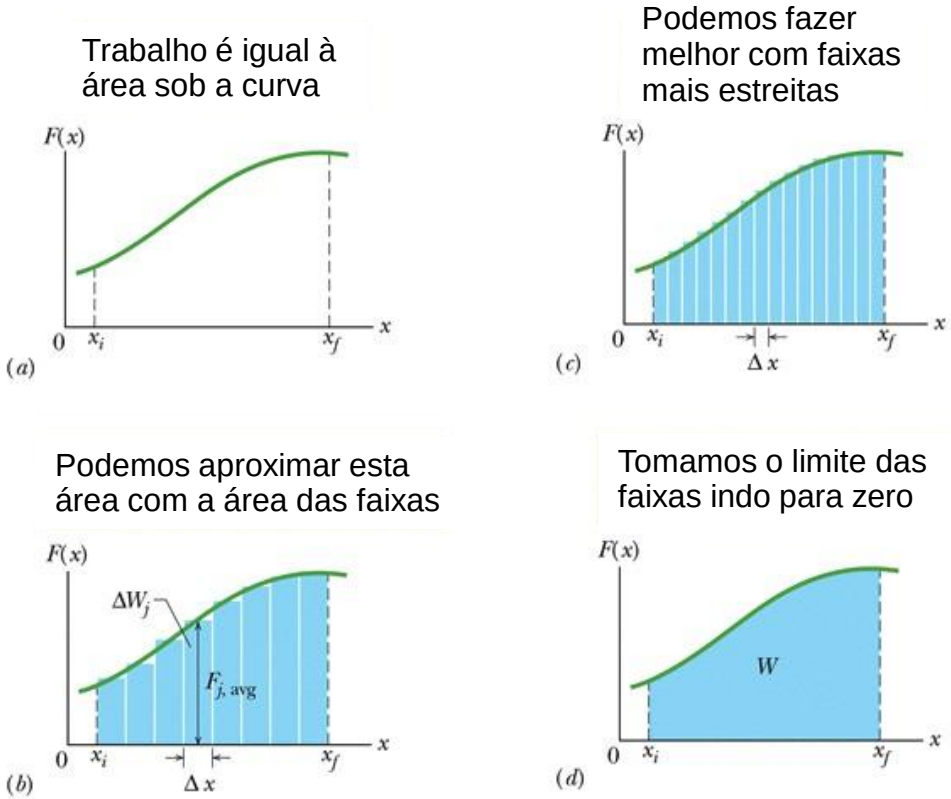
(b) negative

(c) zero

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

7-5 Trabalho Realizado por Força Variável Genérica

- Tomemos um exemplo unidimensional
- Precisamos integrar a equação do trabalho (a qual normalmente serve apenas para força constante) sobre a mudança na posição
- Podemos mostrar que este processo por uma aproximação com retângulos sob a curva



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

Figura 7-12

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

7-5 Trabalho Realizado por Força Variável Genérica

- Nossa soma de retângulos seria:

$$W = \lim_{\Delta x \to 0} \sum F_{j,\text{avg}} \, \Delta x. \qquad \textbf{Eq. (7-31)}$$

- Como uma integral:

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x) \, dx \qquad \textbf{Eq. (7-32)}$$

- Em 3 dimensões integramos cada uma separadamente:

$$W = \int_{r_i}^{r_f} dW = \int_{x_i}^{x_f} F_x \, dx + \int_{y_i}^{y_f} F_y \, dy + \int_{z_i}^{z_f} F_z \, dz. \qquad \textbf{Eq. (7-36)}$$

- O teorema EC-trabalho ainda é válido!

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

7-6 Potência

- **Potência** é a taxa com que a força realiza trabalho
- Uma força realiza trabalho *W* num tempo *Δt*; a **potência média** devido à força é:

$$P_{\text{avg}} = \frac{W}{\Delta t}$$ **Eq. (7-42)**

- A **potência instantânea** num determinado tempo é:

$$P = \frac{dW}{dt}$$ **Eq. (7-43)**

- A unidade SI para potência é o watt (W): 1 W = 1 J/s
- Portanto trabalho-energia pode ser escrita como (*potência*) x (*tempo*) i.e. kWh, o quilowatt-hora

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

7-6 Potência

- Resolvendo para a pot. instantânea usando a definição de trabalho:

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{F \cos \phi \, dx}{dt} = F \cos \phi \left(\frac{dx}{dt} \right),$$

$$P = Fv \cos \phi. \qquad \textbf{Eq. (7-47)}$$

- Ou:

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} \qquad \textbf{Eq. (7-48)}$$

Checkpoint 3

Um bloco se move num movimento circular uniforme porque uma corda amarrada ao bloco está ancorada no centro de um círculo. A potência devido à força no bloco pela corda positiva, negativa ou zero?

Answer: zero (consider $P = Fv \cos \phi$, and note that $\phi = 90°$)

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

7 Sumário

Energia Cinética

- A energia associada ao movimento

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad \textbf{Eq. (7-1)}$$

Trabalho

- Energia transferida para ou de um objeto via uma força
- Pode ser positivo ou negativo

Trabalho realizado por força constante

$$W = Fd\cos\phi \quad \textbf{Eq. (7-7)}$$

$$W = \vec{F}\cdot\vec{d} \quad \textbf{Eq. (7-8)}$$

- O **trabalho total** é a soma dos trabalhos individuais

Trabalho e Energia Cinética

$$\Delta K = K_f - K_i = W, \quad \textbf{Eq. (7-10)}$$

$$K_f = K_i + W, \quad \textbf{Eq. (7-11)}$$

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

7 Sumário

Trabalho realizado pela força gravitacional

$$W_g = mgd\cos\phi$$ **Eq. (7-12)**

Trabalho realizado içando e arriando um objeto

$$W_a + W_g = 0$$

$$W_a = -W_g.$$ **Eq. (7-16)**

Força elástica

- Estado relaxado: sem força
- Constante elástica *k* mede rigidez

$$\vec{F}_s = -k\vec{d}$$ **Eq. (7-20)**

Força elástica

- Para uma posição inicial $x = 0$:

$$W_s = -\tfrac{1}{2}kx^2$$ **Eq. (7-26)**

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

7 Sumário

Trabalho realizado por uma força variável

- Calculado por integração da equação de trabalho para força constante

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x)\, dx \qquad \textbf{Eq. (7-32)}$$

Potência

- Taxa na qual a força realiza trabalho sobre um objeto
- Potência média:

$$P_{\text{avg}} = \frac{W}{\Delta t} \qquad \textbf{Eq. (7-42)}$$

- Potência instantânea:

$$P = \frac{dW}{dt} \qquad \textbf{Eq. (7-43)}$$

- Para uma força agindo num objeto em movimento:

$$P = Fv \cos \phi. \qquad \textbf{Eq. (7-47)}$$

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} \qquad \textbf{Eq. (7-48)}$$

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

7 Lista de exercícios

Halliday 9ª. Edição

Cap. 7:

Problemas 3; 5; 15; 22; 28; 33; 36; 49; 58; 75

Ou

Halliday 10ª. Edição

Cap. 7:
Problemas 3; 5; 15; 22; 28; 33; 36; 49; 58; 75

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

Problema 7-3

Em 10 de agosto de 1972, um grande meteorito atravessou a atmosfera no oeste dos Estados Unidos e do Canadá como uma pedra que ricocheteia na água. A bola de fogo resultante foi tão forte que pôde ser vista à luz do dia e era mais intensa que o rastro deixado por um meteorito comum. A massa do meteorito era aproximadamente 4×10^6 kg; sua velocidade, cerca de 15 km/s. Se tivesse entrado verticalmente na atmosfera terrestre, o meteorito teria atingido a superfície da Terra com aproximadamente a mesma velocidade. (a) Calcule a perda de energia cinética do meteorito (em joules) que estaria associada ao impacto vertical. (b) Expresse a energia como um múltiplo da energia explosiva de 1 megaton de TNT, $4{,}2 \times 10^{15}$ J. (c) A energia associada à explosão da bomba atômica de Hiroshima foi equivalente a 13 quilotons de TNT. A quantas bombas de Hiroshima o impacto do meteorito seria equivalente?

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

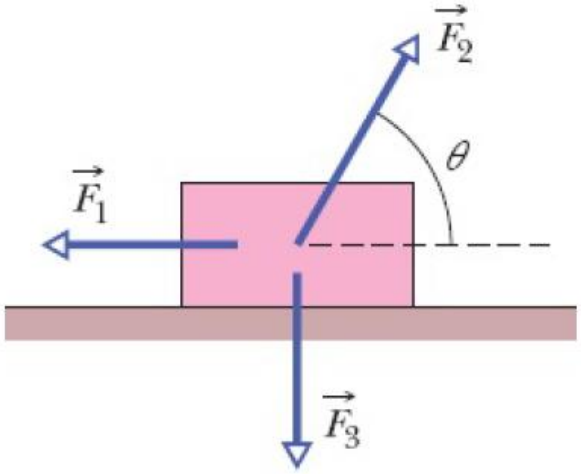
Problema 7-5

Em uma corrida, um pai tem metade da energia cinética do filho, que tem metade da massa do pai. Aumentando a velocidade em 1,0 m/s, o pai passa a ter a mesma energia cinética do filho. Qual é a velocidade escalar inicial (a) do pai e (b) do filho?

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

Problema 7-15

A Fig. 7-28 mostra três forças aplicadas a um baú que se desloca 3,00 m para a esquerda em um piso sem atrito. Os módulos das forças são $F1$ = 5,00 N, $F2$ = 9,00 N, e $F3$ = 3,00 N; o ângulo indicado é θ = 60°. No deslocamento, (a) qual é o trabalho total realizado sobre o baú pelas três forças? (b) A energia cinética do baú aumenta ou diminui?



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

Problema 7-22

Uma equipe de salvamento retira um espeleólogo ferido do fundo de uma caverna com o auxílio de um cabo ligado a um motor. O resgate é realizado em três etapas, cada uma envolvendo uma distância vertical de 10,0 m: (a) o espeleólogo, que estava inicialmente em repouso, é acelerado até uma velocidade de 5,00 m/s; (b) ele é içado a uma velocidade constante de 5,00 m/s; (c) finalmente, é desacelerado até o repouso. Qual é o trabalho realizado em cada etapa sobre o espeleólogo de 80,0 kg?

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

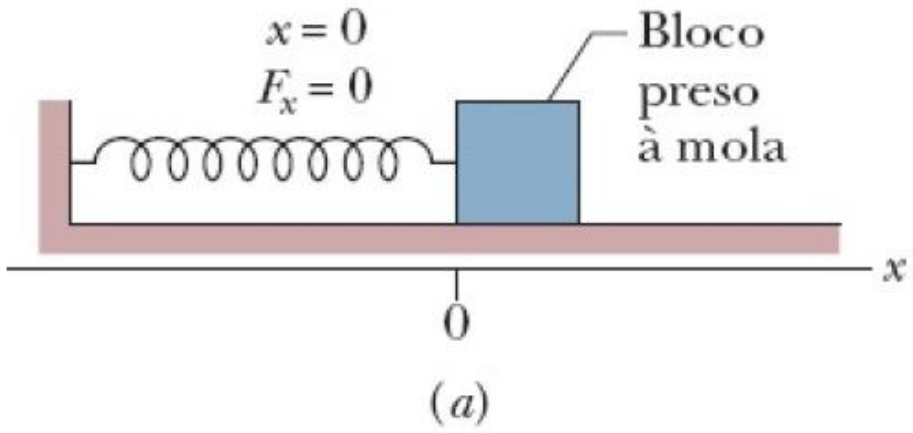
Problema 7-28

Durante o semestre de primavera do MIT, os estudantes de dois dormitórios vizinhos travam batalhas com grandes catapultas feitas com mangueiras de borracha montadas na moldura das janelas. Um balão de aniversário, cheio de água colorida, é colocado em uma bolsa presa na mangueira, que é esticada até a outra extremidade do quarto. Suponha que a mangueira esticada obedece à lei de Hooke com uma constante elástica de 100 N/m. Se a mangueira é esticada 5,00 m e liberada, que trabalho a força elástica da mangueira realiza sobre a bola quando a mangueira volta ao comprimento normal?

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

Problema 7-33

O bloco da Fig. 7-10*a* está em uma superfície horizontal sem atrito e a constante elástica é 50 N/m. Inicialmente, a mola está relaxada e o bloco está parado no ponto *x* = 0. Uma força com módulo constante de 3,0 N é aplicada ao bloco, puxando-o no sentido positivo do eixo *x* e alongando a mola até o bloco parar. Quando isso acontece, (a) qual é a posição do bloco, (b) qual o trabalho realizado sobre o bloco pela força aplicada e (c) qual o trabalho realizado sobre o bloco pela força elástica? Durante o deslocamento do bloco, (d) qual é a posição do bloco na qual a energia cinética é máxima e (e) qual o valor da energia cinética máxima?

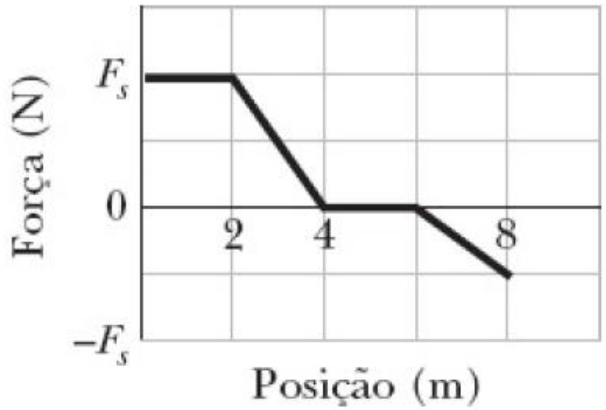


(a)

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

Problema 7-36

Um bloco de 5,0 kg se move em linha reta em uma superfície horizontal, sem atrito, sob a influência de uma força que varia com a posição, como é mostrado na Fig. 7-39. A escala vertical do gráfico é definida por *Fs* = 10,0 N. Qual é o trabalho realizado pela força quando o bloco se desloca da origem até *x* = 8,0 cm?



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

Problema 7-49

Um elevador de carga totalmente carregado tem massa total de 1200 kg, que deve içar 54 m em 3,0 minutos, iniciando e terminando a subida em repouso. O contrapeso do elevador tem massa de apenas 950 kg, e, portanto, o motor do elevador deve ajudar. Que potência média é exigida da força que o motor exerce sobre o elevador por meio do cabo?

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

Problema 7-58

Para puxar um engradado de 50 kg em um piso horizontal sem atrito, um operário aplica uma força de 210 N que faz um ângulo de 20° para cima com a horizontal. Em um deslocamento de 3,0 m, qual é o trabalho realizado sobre o engradado (a) pela força do operário, (b) pela força gravitacional e (c) pela força normal do piso? (d) Qual é o trabalho total realizado sobre o engradado?

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

Problema 7-75

Um elevador tem massa de 4500 kg e pode transportar uma carga máxima de 1800 kg. Se o elevador está subindo com a carga máxima a 3,80 m/s, que potência a força que move o elevador deve desenvolver para manter essa velocidade?

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