

Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências e Tecnologia

Física I

Licenciaturas em Engenharia Informática e Bioengenharia
1º ano, 2º semestre

Série de problemas nº 7 Energia Cinética e Trabalho


Cap. 7 do Halliday & Resnick, 10ª Ed.


José Mariano
Ano lectivo de 2024/2025

Módulo 7-1 Energia Cinética

•1 Um próton (massa $m = 1,67 \times 10^{-27}$ kg) está sendo acelerado, em linha reta, a $3,6 \times 10^{15}$ m/s² em um acelerador de partículas. Se o próton tem velocidade inicial de $2,4 \times 10^7$ m/s e se desloca 3,5 cm, determine (a) a velocidade e (b) o aumento da energia cinética do próton.

•2 Se um foguete Saturno V e uma espaçonave Apolo acoplada ao foguete tinham massa total de $2,9 \times 10^5$ kg, qual era a energia cinética quando os objetos atingiram uma velocidade de 11,2 km/s?

•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?

•4  Uma explosão no nível do solo produz uma cratera com um diâmetro proporcional à raiz cúbica da energia da explosão; uma explosão de 1 megaton de TNT deixa uma cratera com 1 km de diâmetro. No fundo do Lago Huron, em Michigan, existe uma cratera com 50 km de diâmetro, atribuída ao impacto de um meteorito no passado remoto. Qual deve ter sido a energia cinética associada a esse impacto, (a) em megatons de TNT (1 megaton equivale a $4,2 \times 10^{15}$ J) e (b) em bombas de Hiroshima (uma bomba de Hiroshima equivale a 13 quilotons de TNT)? (Impactos de meteoritos e cometas podem ter alterado significativamente o clima da Terra no passado e contribuído para a extinção dos dinossauros e outras formas de vida.)

•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?

•6 Uma conta com massa de $1,8 \times 10^{-2}$ kg está se movendo no sentido positivo do eixo x . A partir do instante $t = 0$, no qual a conta está passando pela posição $x = 0$ a uma velocidade de 12 m/s, uma força constante passa a agir sobre a conta. A Fig. 7-24 mostra a posição da conta nos instantes $t_0 = 0$, $t_1 = 1,0$ s, $t_2 = 2,0$ s e $t_3 = 3,0$ s. A conta para momentaneamente em $t = 3,0$ s. Qual é a energia cinética da conta em $t = 10$ s?

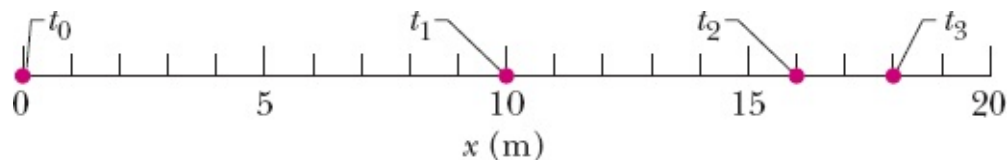


Figura 7-24 Problema 6.

Módulo 7-2 Trabalho e Energia Cinética

•7 Um corpo de 3,0 kg está em repouso em um colchão de ar horizontal de atrito desprezível quando uma força horizontal constante \vec{F} é aplicada no instante $t = 0$. A Fig. 7-25 mostra, em um gráfico estroboscópico, a posição da partícula a intervalos de 0,50 s. Qual é o trabalho realizado sobre o corpo pela força \vec{F} no intervalo de $t = 0$ a $t = 2,0$ s?

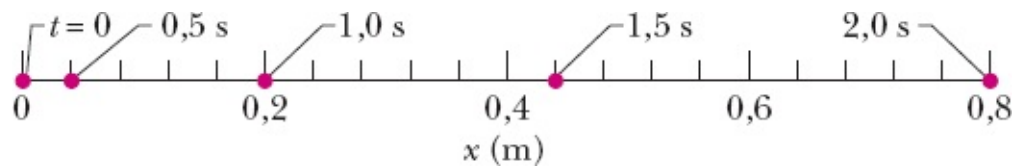


Figura 7-25 Problema 7.

•8 Um bloco de gelo flutuante é colhido por uma correnteza que aplica ao bloco uma força $\vec{F} = (210 \text{ N})\hat{i} - (150 \text{ N})\hat{j}$ fazendo com que o bloco sofra um deslocamento $\vec{d} = (15 \text{ m})\hat{i} - (12 \text{ m})\hat{j}$. Qual é o trabalho realizado pela força sobre o bloco durante o deslocamento?

•9 A única força que age sobre uma lata de 2,0 kg que está se movendo em um plano xy tem um módulo de 5,0 N. Inicialmente, a lata tem uma velocidade de 4,0 m/s no sentido positivo do eixo x ; em um instante posterior, a velocidade passa a ser 6,0 m/s no sentido positivo do eixo y . Qual é o trabalho realizado sobre a lata pela força de 5,0 N nesse intervalo de tempo?

•10 Uma moeda desliza em um plano, sem atrito, em um sistema de coordenadas xy , da origem até o ponto de coordenadas (3,0 m, 4,0 m), sob o efeito de uma força constante. A força tem um módulo de 2,0 N e faz um ângulo de 100° no sentido anti-horário com o semieixo x positivo. Qual é o trabalho realizado pela força sobre a moeda durante o deslocamento?

•11 Uma força de 12,0 N e com orientação fixa realiza trabalho sobre uma partícula que sofre um deslocamento $\vec{d} = (2,00\hat{i} - 4,00\hat{j} + 3,00\hat{k})$ m. Qual é o ângulo entre a força e o deslocamento se a variação da energia cinética da partícula é (a) +30,0 J e (b) -30,0 J?

•12 Uma lata de parafusos e porcas é empurrada por 2,00 m ao longo de um eixo x por uma vassoura em um piso sujo de óleo (sem atrito) de uma oficina de automóveis. A Fig. 7-26 mostra o trabalho W realizado sobre a lata pela força horizontal constante da vassoura em função da posição x da lata. A escala vertical do gráfico é definida por $W_s = 6,0$ J. (a) Qual é o módulo da força? (b) Se a lata tivesse uma energia cinética inicial de 3,00 J, movendo-se no sentido positivo do eixo x , qual seria a energia cinética ao final do deslocamento de 2,00 m?

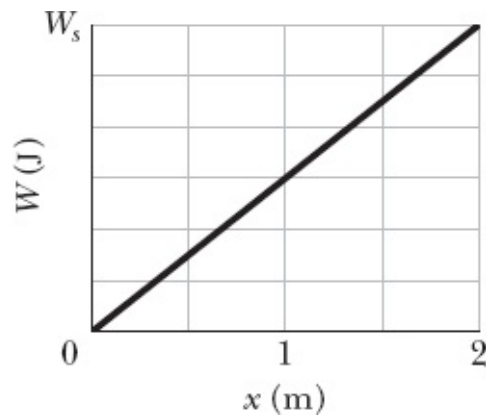


Figura 7-26 Problema 12.

••13 Um trenó e seu ocupante, com massa total de 85 kg, descem uma encosta e atingem um trecho horizontal retilíneo com uma velocidade de 37 m/s. Se uma força desacelera o trenó até o repouso a uma taxa constante de $2,0 \text{ m/s}^2$, determine (a) o módulo F da força, (b) a distância d que o trenó percorre até parar e (c) o trabalho W realizado pela força sobre o trenó. Quais são os valores de (d) F , (e) d e (f) W , se a taxa de desaceleração é $4,0 \text{ m/s}^2$?

••14 A Fig. 7-27 mostra uma vista superior de três forças horizontais agindo sobre uma caixa que estava inicialmente em repouso e passou a se mover em um piso sem atrito. Os módulos das forças são $F_1 = 3,00 \text{ N}$, $F_2 = 4,00 \text{ N}$, e $F_3 = 10,0 \text{ N}$ e os ângulos indicados são $\theta_2 = 50,0^\circ$ e $\theta_3 = 35,0^\circ$. Qual é o trabalho total realizado sobre a caixa pelas três forças nos primeiros 4,00 m de deslocamento?

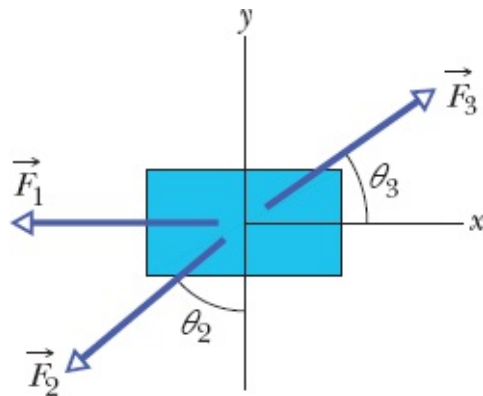


Figura 7-27 Problema 14.

••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 $F_1 = 5,00 \text{ N}$, $F_2 = 9,00 \text{ N}$, e $F_3 = 3,00 \text{ N}$; o ângulo indicado é $\theta = 60^\circ$. No deslocamento, (a) qual é o trabalho total realizado sobre o baú pelas três forças? (b) A energia cinética do baú aumenta ou diminui?

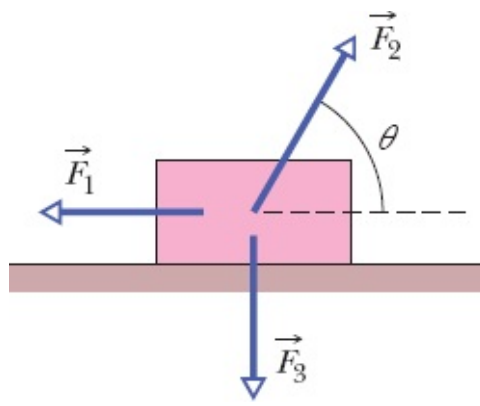


Figura 7-28 Problema 15.

••16 Um objeto de 8,0 kg está se movendo no sentido positivo de um eixo x . Quando passa pelo ponto $x = 0$, uma força constante dirigida ao longo do eixo passa a atuar sobre o objeto. A Fig. 7-29 mostra a energia cinética K em função da posição x quando o objeto se desloca de $x = 0$ a $x = 5,0$ m; $K_0 = 30,0$ J. A força continua a agir. Qual é a velocidade do objeto no instante em que passa pelo ponto $x = -3,0$ m?

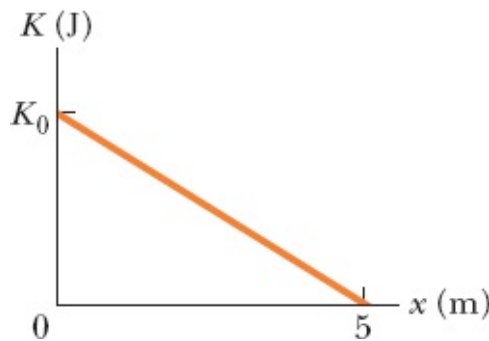



Figura 7-29 Problema 16.

Módulo 7-3 Trabalho Realizado pela Força Gravitacional

•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?

•18  (a) Em 1975, o teto do Velódromo de Montreal, com um peso de 360 kN, foi levantado 10 cm para que pudesse ser centralizado. Que trabalho foi realizado sobre o teto pelas forças que o ergueram? (b) Em 1960, uma mulher de Tampa, na Flórida, levantou uma das extremidades de um carro que havia caído sobre o filho quando o macaco quebrou. Se o desespero a levou a levantar 4000 N (cerca de 1/4 do peso do carro) por uma distância de 5,0 cm, que trabalho a mulher realizou sobre o carro?

••19 Na Fig. 7-30, um bloco de gelo escorrega para baixo em uma rampa sem atrito com uma inclinação $\theta = 50^\circ$ enquanto um operário puxa o bloco (por meio de uma corda) com uma força \vec{F}_r , que tem um módulo de 50 N e aponta para cima ao longo da rampa. Quando o bloco desliza uma distância $d = 0,50$ m ao longo da rampa, sua energia cinética aumenta 80 J. Quão maior seria a energia cinética se o bloco não estivesse sendo puxado por uma corda?

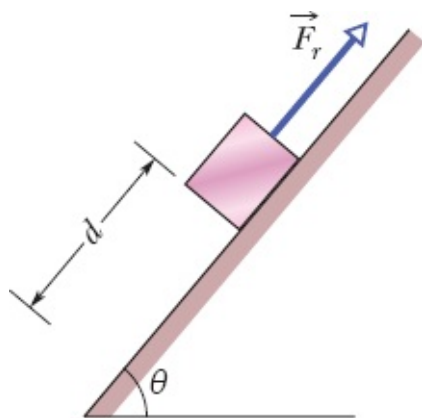


Figura 7-30 Problema 19.

••20 Um bloco é lançado para cima em uma rampa sem atrito, ao longo de um eixo x que aponta para cima. A Fig. 7-31 mostra a energia cinética do bloco em função da posição x ; a escala vertical do gráfico é definida por $K_s = 40,0$ J. Se a velocidade inicial do bloco é $4,00$ m/s, qual é a força normal que age sobre o bloco?

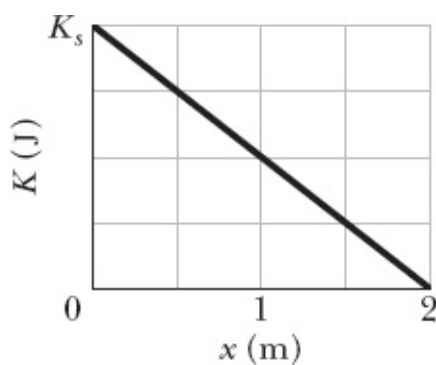


Figura 7-31 Problema 20.

••21 Uma corda é usada para baixar verticalmente um bloco de massa M , inicialmente em repouso, com aceleração constante, para baixo, de $g/4$. Após o bloco descer uma distância d , determine (a) o trabalho realizado pela força da corda sobre o bloco; (b) o trabalho realizado pela força gravitacional sobre o bloco; (c) a energia cinética do bloco; (d) a velocidade do bloco.

••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?

••23 Na Fig. 7-32, uma força constante \vec{F}_a de módulo $82,0$ N é aplicada a uma caixa de sapatos, de $3,00$ kg, a um ângulo $\phi = 53,0^\circ$, fazendo com que a caixa se mova para cima ao longo de uma rampa sem atrito, com velocidade constante. Qual é o trabalho realizado sobre a caixa por \vec{F}_a logo após a caixa ter subido uma distância vertical de $h = 0,150$ m?

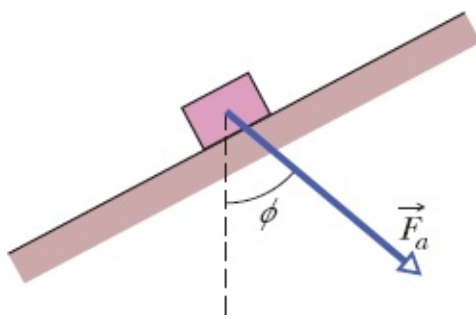


Figura 7-32 Problema 23.

••24 Na Fig. 7-33, uma força horizontal \vec{F}_a de módulo 20,0 N é aplicada a um livro de psicologia de 3,00 kg enquanto o livro escorrega por uma distância $d = 0,500$ m ao longo de uma rampa de inclinação $\theta = 30,0^\circ$, subindo sem atrito. (a) Nesse deslocamento, qual é o trabalho total realizado sobre o livro por \vec{F}_a , pela força gravitacional e pela força normal? (b) Se o livro tem energia cinética nula no início do deslocamento, qual é sua energia cinética final?

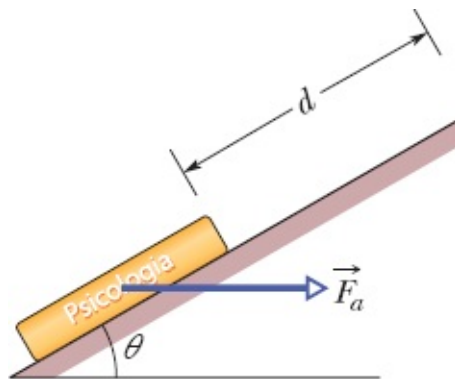


Figura 7-33 Problema 24.

••25 Na Fig. 7-34, um pedaço de queijo de 0,250 kg repousa no chão de um elevador de 900 kg que é puxado para cima por um cabo, primeiro por uma distância $d_1 = 2,40$ m e depois por uma distância $d_2 = 10,5$ m. (a) No deslocamento d_1 , se a força normal exercida sobre o bloco pelo piso do elevador tem um módulo constante $F_N = 3,00$ N, qual é o trabalho realizado pela força do cabo sobre o elevador? (b) No deslocamento d_2 , se o trabalho realizado sobre o elevador pela força (constante) do cabo é 92,61 kJ, qual é o módulo de \vec{F}_N ?

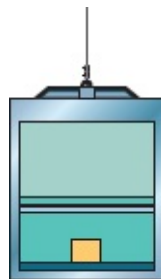


Figura 7-34 Problema 25.

Módulo 7-4 Trabalho Realizado por uma Força Elástica

•26 Na Fig. 7-10, 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.*)

•27 Uma mola e um bloco são montados como na Fig. 7-10. Quando o bloco é puxado para o ponto $x = +4,0$ cm, devemos aplicar uma força de 360 N para mantê-lo nessa posição. Puxamos o bloco para o ponto $x = 11$ cm e o liberamos. Qual é o trabalho realizado pela mola sobre o bloco quando este se desloca de $x_i = +5,0$ cm para (a) $x = +3,0$ cm, (b) $x = -3,0$ cm, (c) $x = -5,0$ cm e (d) $x = -9,0$ cm?

•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?

•29 No arranjo da Fig. 7-10, puxamos gradualmente o bloco de $x = 0$ até $x = +3,0$ cm, onde ele fica em repouso. A Fig. 7-35 mostra o trabalho que nossa força realiza sobre o bloco. A escala vertical do gráfico é definida por $W_s = 1,0$ J. Em seguida, puxamos o bloco até $x = +5,0$ cm, e o liberamos a partir do repouso. Qual é o trabalho realizado pela mola, sobre o bloco, quando este é deslocado de $x_i = +5,0$ cm a (a) $x = +4,0$ cm, (b) $x = -2,0$ cm e (c) $x = -5,0$ cm?

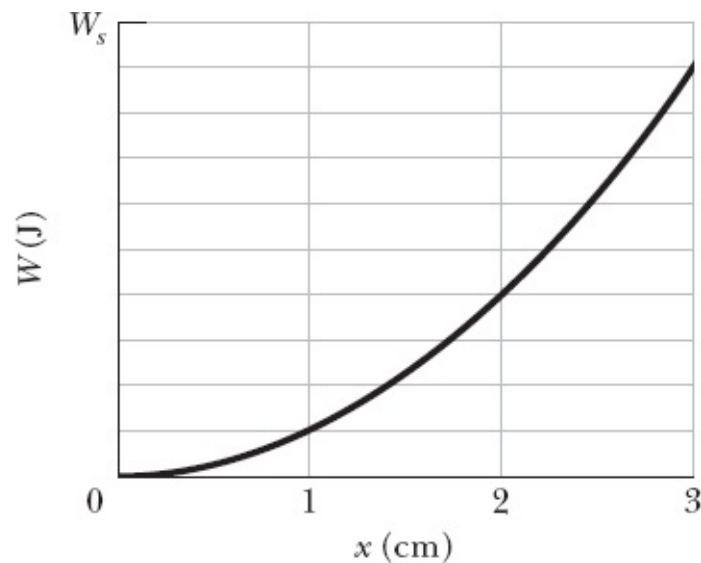


Figura 7-35 Problema 29.

•30 Na Fig. 7-10a, um bloco de massa m repousa em uma superfície horizontal sem atrito e está preso a uma mola horizontal (de constante elástica k) cuja outra extremidade é mantida fixa. O bloco está parado na posição onde a mola está relaxada ($x = 0$) quando uma força \vec{F} no sentido positivo do eixo x é aplicada. A Fig. 7-36 mostra o gráfico da energia cinética do bloco em função da posição x após a aplicação da força. A escala vertical do gráfico é definida por $K_s = 4,0$ J. (a) Qual é o módulo de \vec{F} ? (b) Qual é o valor de k ?

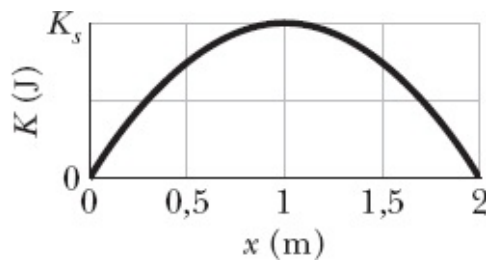


Figura 7-36 Problema 30.

••31 A única força que age sobre um corpo de 2,0 kg enquanto o corpo se move no semieixo positivo de um eixo x tem uma componente $F_x = -6x$ N, com x em metros. A velocidade do corpo em $x = 3,0$ m é 8,0 m/s. (a) Qual é a velocidade do corpo em $x = 4,0$ m? (b) Para que valor positivo de x o corpo tem uma velocidade de 5,0 m/s?

••32 A Fig. 7-37 mostra a força elástica F_x em função da posição x para o sistema massa-mola da Fig. 7-10. 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?

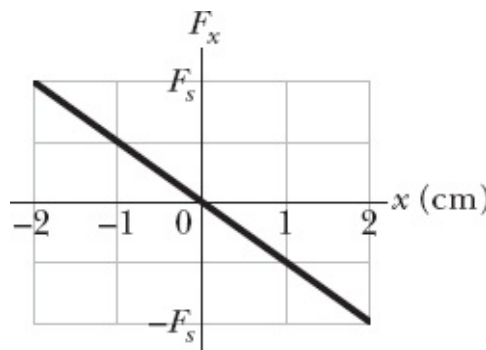


Figura 7-37 Problema 32.

•••33 O bloco da Fig. 7-10a 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?

Módulo 7-5 Trabalho Realizado por uma Força Variável Genérica

•34 Um tijolo de 10 kg se move ao longo de um eixo x . A Fig. 7-38 mostra a aceleração do tijolo em função da posição. A escala vertical do gráfico é definida por $a_s = 20,0$ m/s². Qual é o trabalho total realizado sobre o tijolo pela força responsável pela aceleração quando o tijolo se desloca de $x = 0$ para $x = 8,0$ m?

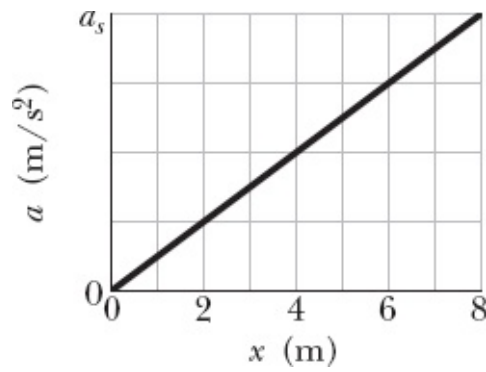


Figura 7-38 Problema 34.

- 35 A força a que uma partícula está submetida aponta ao longo de um eixo x e é dada por $F = F_0(x/x_0 - 1)$. Determine o trabalho realizado pela força ao mover a partícula de $x = 0$ a $x = 2x_0$ de duas formas: (a) plotando $F(x)$ e medindo o trabalho no gráfico; (b) integrando $F(x)$.
- 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 $F_s = 10,0$ N. Qual é o trabalho realizado pela força quando o bloco se desloca da origem até $x = 8,0$ cm?

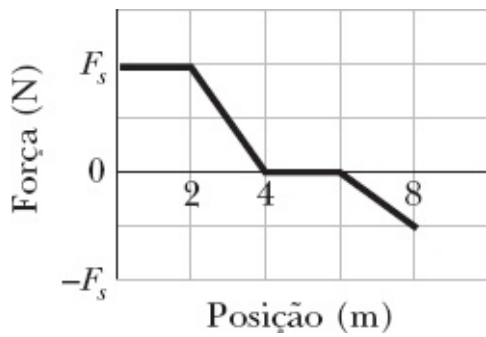


Figura 7-39 Problema 36.

- 37 A Fig. 7-40 mostra a aceleração de uma partícula de 2,00 kg sob a ação de uma força \vec{F}_a que desloca a partícula ao longo de um eixo x , a partir do repouso, de $x = 0$ a $x = 9,0$ m. A escala vertical do gráfico é definida por $a_s = 6,0$ m/s². Qual é o trabalho realizado pela força sobre a partícula até a partícula atingir o ponto (a) $x = 4,0$ m, (b) $x = 7,0$ m e (c) $x = 9,0$ m? Quais são o módulo e o sentido da velocidade da partícula quando a partícula atinge o ponto (d) $x = 4,0$ m, (e) $x = 7,0$ m e (f) $x = 9,0$ m?

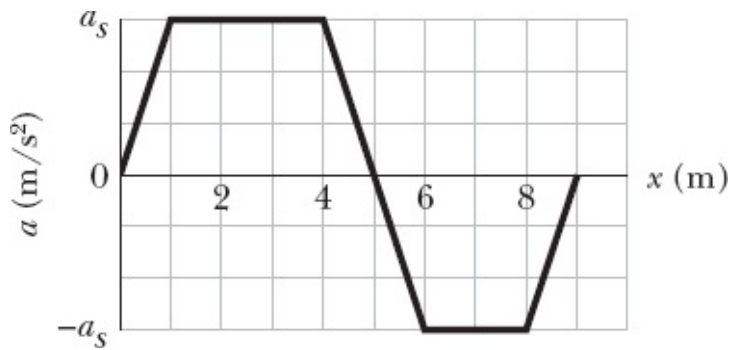


Figura 7-40 Problema 37.

••38 Um bloco de 1,5 kg está em repouso em uma superfície horizontal sem atrito quando uma força ao longo de um eixo x é aplicada ao bloco. A força é dada por $\vec{F}(x) = (2,5 - x^2)\hat{i}$ N, em que x está em metros e a posição inicial do bloco é $x = 0$. (a) Qual é a energia cinética do bloco ao passar pelo ponto $x = 2,0$ m? (b) Qual é a energia cinética máxima do bloco entre $x = 0$ e $x = 2,0$ m?

••39 Uma força $\vec{F} = (cx - 3,00 x^2)\hat{i}$, em que \vec{F} está em newtons, x em metros, e c é uma constante, age sobre uma partícula que se desloca ao longo de um eixo x . Em $x = 0$, a energia cinética da partícula é 20,0 J; em $x = 3,00$ m, é 11,0 J. Determine o valor de c .

••40 Uma lata de sardinha é deslocada, ao longo de um eixo x , de $x = 0,25$ m a $x = 1,25$ m, por uma força cujo módulo é dado por $F = e^{-4x^2}$, com x em metros e F em newtons. Qual é o trabalho realizado pela força sobre a lata?

••41 Uma única força age sobre um objeto de 3,0 kg que se comporta como uma partícula, de tal forma que a posição do objeto em função do tempo é dada por $x = 3,0t - 4,0t^2 + 1,0t^3$, com x em metros e t em segundos. Determine o trabalho realizado pela força sobre o objeto de $t = 0$ a $t = 4,0$ s.

••42 A Fig. 7-41 mostra uma corda presa a um carrinho que pode deslizar em um trilho horizontal sem atrito ao longo de um eixo x . A corda passa por uma polia, de massa e atrito desprezíveis, situada a uma altura $h = 1,20$ m em relação ao ponto onde está presa no carrinho e é puxada por sua extremidade esquerda, fazendo o carrinho deslizar de $x_1 = 3,00$ m até $x_2 = 1,00$ m. Durante o deslocamento, a tração da corda se mantém constante e igual a 25,0 N. Qual é a variação da energia cinética do carrinho durante o deslocamento?

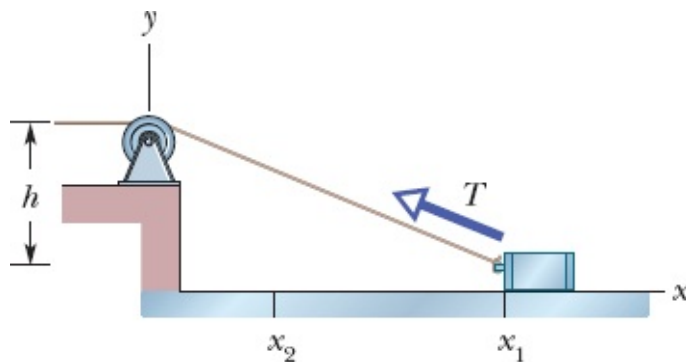


Figura 7-41 Problema 42.

Módulo 7-6 Potência

•43 Uma força de 5,0 N age sobre um corpo de 15 kg inicialmente em repouso. Calcule o trabalho realizado pela força (a) no primeiro, (b) no segundo e (c) no terceiro segundo, assim como (d) a potência instantânea da força no fim do terceiro segundo.

•44 Um esquiador é puxado por uma corda para o alto de uma encosta que faz um ângulo de 12° com a horizontal. A corda se move paralelamente à encosta com velocidade constante de 1,0 m/s. A força da corda realiza 900 J de trabalho sobre o esquiador quando este percorre uma distância de 8,0 m encosta acima. (a) Se a velocidade constante da corda fosse 2,0 m/s, que trabalho a força da corda teria realizado

sobre o esquiador para o mesmo deslocamento? A que taxa a força da corda realiza trabalho sobre o esquiador quando a corda se desloca com uma velocidade de (b) 1,0 m/s e (c) 2,0 m/s?

•45 Um bloco de 100 kg é puxado com velocidade constante de 5,0 m/s em um piso horizontal por uma força de 122 N que faz um ângulo de 37° acima da horizontal. Qual é a taxa com a qual a força realiza trabalho sobre o bloco?

•46 Um elevador carregado tem massa de $3,0 \times 10^3$ kg e sobe 210 m em 23 s, com velocidade constante. Qual é a taxa média com a qual a força do cabo do elevador realiza trabalho sobre o elevador?

•47 Uma máquina transporta um pacote de 4,0 kg de uma posição inicial $\vec{d}_i = (0,50 \text{ m})\hat{i} + (0,75 \text{ m})\hat{j} + (0,20 \text{ m})\hat{k}$ em $t = 0$ até uma posição final $\vec{d}_f = (7,50 \text{ m})\hat{i} + (12,0 \text{ m})\hat{j} + (7,20 \text{ m})\hat{k}$ em $t = 12$ s. A força constante aplicada pela máquina ao pacote é $\vec{F} = (2,00 \text{ N})\hat{i} + (4,00 \text{ N})\hat{j} + (6,00 \text{ N})\hat{k}$. Para esse deslocamento, determine (a) o trabalho realizado pela força da máquina sobre o pacote e (b) a potência média desenvolvida pela força.

•48 Uma bandeja de 0,30 kg escorrega em uma superfície horizontal sem atrito presa a uma das extremidades de uma mola horizontal ($k = 500 \text{ N/m}$) cuja outra extremidade é mantida fixa. A bandeja possui energia cinética de 10 J ao passar pela posição de equilíbrio (ponto em que a força elástica da mola é zero). (a) A que taxa a mola está realizando trabalho sobre a bandeja quando esta passa pela posição de equilíbrio? (b) A que taxa a mola está realizando trabalho sobre a bandeja quando a mola está comprimida de 0,10 m e a bandeja está se afastando da posição de equilíbrio?

•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?

•50 (a) Em um dado instante, um objeto que se comporta como uma partícula sofre a ação de uma força $\vec{F} = (4,0 \text{ N})\hat{i} - (2,0 \text{ N})\hat{j} + (9,0 \text{ N})\hat{k}$ quando sua velocidade é $\vec{v} = -(2,0 \text{ m/s})\hat{i} + (4,0 \text{ m/s})\hat{k}$. Qual é a taxa instantânea com a qual a força realiza trabalho sobre o objeto? (b) Em outro instante, a velocidade tem apenas a componente y . Se a força não muda e a potência instantânea é -12 W , qual é a velocidade do objeto nesse instante?

•51 Uma força $\vec{F} = (3,00 \text{ N})\hat{i} + (7,00 \text{ N})\hat{k}$ age sobre um objeto de 2,00 kg que se move de uma posição inicial $\vec{d}_i = (3,00 \text{ m})\hat{i} - (2,00 \text{ m})\hat{j} + (5,00 \text{ m})\hat{k}$ para uma posição final $\vec{d}_f = -(5,00 \text{ m})\hat{i} + (4,00 \text{ m})\hat{j} + (7,00 \text{ m})\hat{k}$ em 4,00 s. Determine (a) o trabalho realizado pela força sobre o objeto no intervalo de 4,00 s, (b) a potência média desenvolvida pela força nesse intervalo e (c) o ângulo entre os vetores \vec{d}_i e \vec{d}_f .

•52 Um funny car acelera a partir do repouso, percorrendo uma dada distância no tempo T , com o motor funcionando com potência constante P . Se os mecânicos conseguem aumentar a potência do motor de um pequeno valor dP , qual é a variação do tempo necessário para percorrer a mesma distância?

53 A Fig. 7-42 mostra um pacote de cachorros-quentes escorregando para a direita em um piso sem atrito por uma distância $d = 20,0$ cm enquanto três forças agem sobre o pacote. Duas forças são horizontais e têm módulos $F_1 = 5,00$ N e $F_2 = 1,00$ N; a terceira faz um ângulo $\theta = 60,0^\circ$ para baixo e tem um módulo $F_3 = 4,00$ N. (a) Qual é o trabalho *total* realizado sobre o pacote pelas três forças mais a força gravitacional e a força normal? (b) Se o pacote tem massa de $2,0$ kg e energia cinética inicial igual a zero, qual é sua velocidade no final do deslocamento?

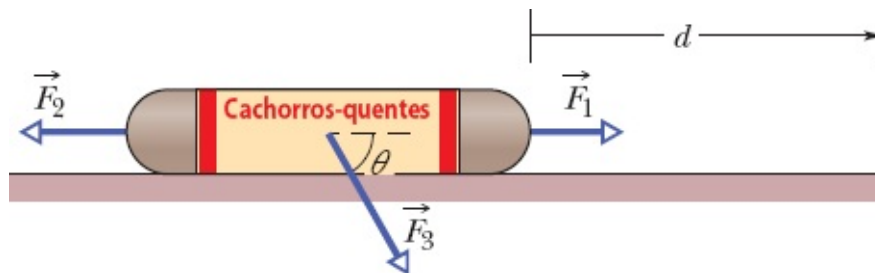


Figura 7-42 Problema 53.

54 A única força que age sobre um corpo de $2,0$ kg quando o corpo se desloca ao longo de um eixo x varia da forma indicada na Fig. 7-43. A escala vertical do gráfico é definida por $F_s = 4,0$ N. A velocidade do corpo em $x = 0$ é $4,0$ m/s. (a) Qual é a energia cinética do corpo em $x = 3,0$ m? (b) Para que valor de x o corpo possui uma energia cinética de $8,0$ J? (c) Qual é a energia cinética máxima do corpo entre $x = 0$ e $x = 5,0$ m?

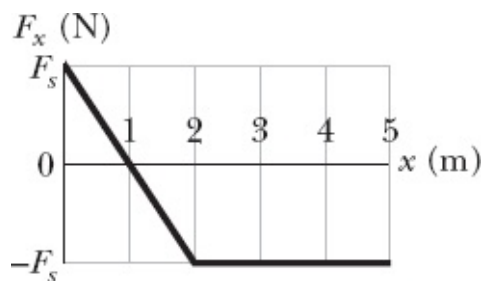


Figura 7-43 Problema 54.

55 Um cavalo puxa uma carroça com uma força de 40 lb que faz um ângulo de 30° para cima com a horizontal e se move com uma velocidade de $6,0$ mi/h. (a) Que trabalho a força realiza em 10 minutos? (b) Qual é a potência média desenvolvida pela força em horsepower?

56 Um objeto de $2,0$ kg inicialmente em repouso acelera uniformemente na horizontal até uma velocidade de 10 m/s em $3,0$ s. (a) Nesse intervalo de $3,0$ s, qual é o trabalho realizado sobre o objeto pela força que o acelera? Qual é a potência instantânea desenvolvida pela força (b) no fim do intervalo e (c) no fim da primeira metade do intervalo?

57 Um caixote de 230 kg está pendurado na extremidade de uma corda de comprimento $L = 12,0$ m. Você empurra o caixote horizontalmente com uma força variável \vec{F} , deslocando-o para o lado de uma distância $d = 4,00$ m (Fig. 7-44). (a) Qual é o módulo de \vec{F} quando o caixote está na posição final? Nesse deslocamento, quais são (b) o trabalho total realizado sobre o caixote, (c) o trabalho realizado pela força

gravitacional sobre o caixote e (d) o trabalho realizado pela corda sobre o caixote? (e) Sabendo que o caixote está em repouso antes e depois do deslocamento, use as respostas dos itens (b), (c) e (d) para determinar o trabalho que a força \vec{F} realiza sobre o caixote. (f) Por que o trabalho da força não é igual ao produto do deslocamento horizontal pela resposta do item (a)?

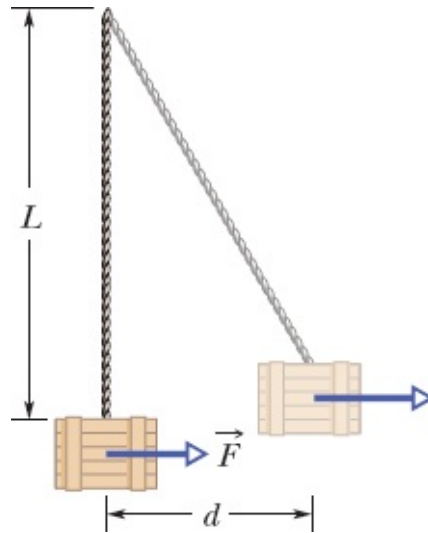


Figura 7-44 Problema 57.

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?

59 Uma força \vec{F}_a é aplicada a uma conta, que desliza em um fio reto, sem atrito, fazendo-a sofrer um deslocamento de +5,0 cm. O módulo de \vec{F}_a é mantido constante, mas o ângulo ϕ entre \vec{F}_a e o deslocamento da conta pode ser escolhido. Na Fig. 7-23 mostra-se o trabalho, W , realizado por \vec{F}_a sobre a conta para valores de ϕ dentro de certo intervalo; $W_0 = 25$ J. Qual é o trabalho realizado por \vec{F}_a , se ϕ é igual (a) a 64° e (b) a 147° ?

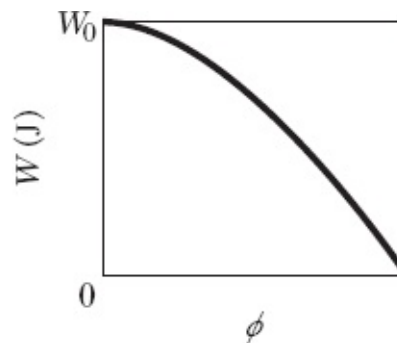


Figura 7-45 Problema 59.

60 Uma criança medrosa desce por um escorrega, de atrito desprezível, segura pela mãe. A força da mãe sobre a criança é de 100 N para cima na direção do escorrega, e a energia cinética da criança aumenta de 30 J quando ela desce uma distância de 1,8 m. (a) Qual é o trabalho realizado sobre a criança pela força

gravitacional durante a descida de 1,8 m? (b) Se a criança não fosse segura pela mãe, qual seria o aumento da energia cinética quando ela escorregasse pela mesma distância de 1,8 m?

61 Qual é o trabalho realizado por uma força $\vec{F} = (2x \text{ N})\hat{i} + (3 \text{ N})\hat{j}$ com x em metros, ao deslocar uma partícula de uma posição $\vec{r}_i = (2 \text{ m})\hat{i} + (3 \text{ m})\hat{j}$ para uma posição $\vec{r}_f = -(4 \text{ m})\hat{i} - (3 \text{ m})\hat{j}$?

62 Um bloco de 250 g é deixado cair em uma mola vertical, inicialmente relaxada, cuja constante elástica é $k = 2,5 \text{ N/cm}$ (Fig. 7-46). O bloco fica acoplado à mola, comprimindo-a em 12 cm até parar momentaneamente. Nessa compressão, que trabalho é realizado sobre o bloco (a) pela força gravitacional e (b) pela força elástica? (c) Qual é a velocidade do bloco imediatamente antes de se chocar com a mola? (Suponha que o atrito é desprezível.) (d) Se a velocidade no momento do impacto é duplicada, qual é a compressão máxima da mola?

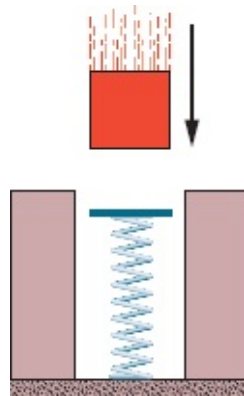


Figura 7-46 Problema 62.

63 Para empurrar um engradado de 25,0 kg para cima em um plano inclinado de 25° em relação à horizontal, um operário exerce uma força de 209 N paralela ao plano inclinado. Quando o engradado percorre 1,50 m, qual é o trabalho realizado sobre ele (a) pela força aplicada pelo trabalhador, (b) pela força gravitacional e (c) pela força normal? (d) Qual é o trabalho total realizado sobre o engradado?

64 Caixas são transportadas de um local para outro, de um armazém, por meio de uma esteira que se move com velocidade constante de 0,50 m/s. Em certo local, a esteira se move 2,0 m em uma rampa que faz um ângulo de 10° para cima com a horizontal, 2,0 m na horizontal e, finalmente, 2,0 m em uma rampa que faz um ângulo de 10° para baixo com a horizontal. Suponha que uma caixa de 2,0 kg é transportada pela esteira sem escorregar. A que taxa a força da esteira sobre a caixa realiza trabalho quando a caixa se move (a) na rampa de 10° para cima, (b) horizontalmente e (c) na rampa de 10° para baixo?



Figura 7-47 Problema 65.

- 65** Na Fig. 7-47, uma corda passa por duas polias ideais. Uma lata, de massa $m = 20 \text{ kg}$, está pendurada em uma das polias, e uma força \vec{F} é aplicada à extremidade livre da corda. (a) Qual deve ser o módulo de \vec{F} para que a lata seja levantada com velocidade constante? (b) Qual deve ser o deslocamento da corda para que a lata suba $2,0 \text{ cm}$? Durante esse deslocamento, qual é o trabalho realizado sobre a lata (c) pela força aplicada (por meio da corda) e (d) pela força gravitacional? (*Sugestão:* Quando uma corda é usada da forma mostrada na figura, a força total com a qual a corda puxa a segunda polia é duas vezes maior que a tração da corda.)
- 66** Se um carro com massa de 1200 kg viaja a 120 km/h em uma rodovia, qual é a energia cinética do carro medida por alguém que está parado no acostamento?
- 67** Uma mola com um ponteiro está pendurada perto de uma régua graduada em milímetros. Três pacotes diferentes são pendurados na mola, um de cada vez, como mostra a Fig. 7-48. (a) Qual é a marca da régua indicada pelo ponteiro quando não há nenhum pacote pendurado na mola? (b) Qual é o peso P do terceiro pacote?

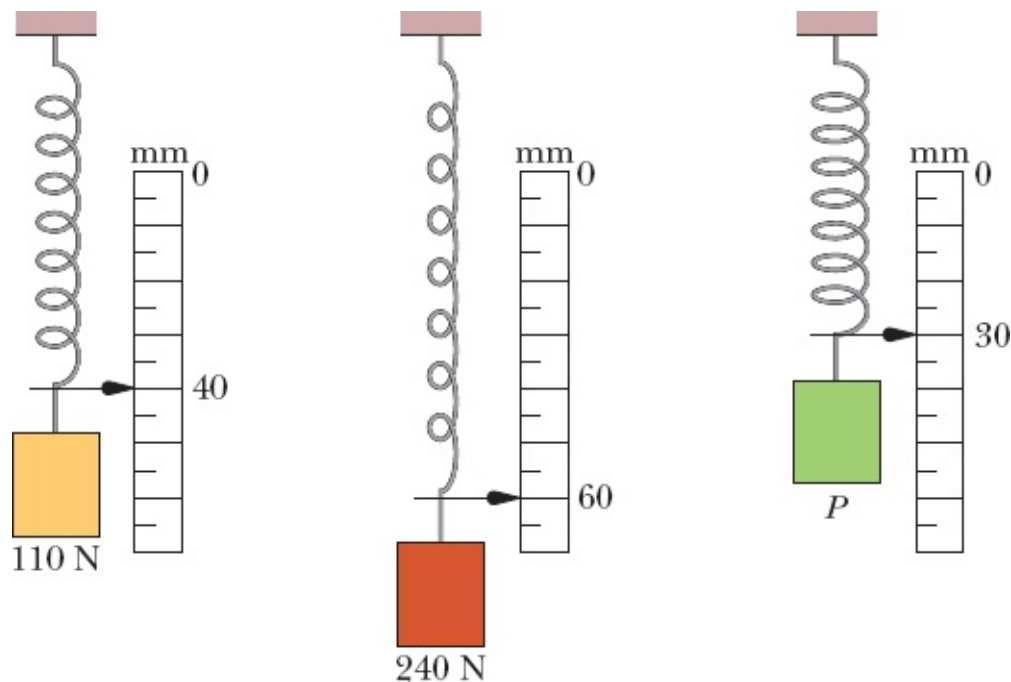


Figura 7-48 Problema 67.

68 Um trenó a vela está em repouso na superfície de um lago congelado quando um vento repentino exerce sobre ele uma força constante de 200 N, na direção leste. Devido ao ângulo da vela, o vento faz com que o trenó se desloque em linha reta por uma distância de 8,0 m em uma direção 20° ao norte do leste. Qual é a energia cinética do trenó ao final desses 8,0 m?

69 Se um elevador de uma estação de esqui transporta 100 passageiros com um peso médio de 660 N até uma altura de 150 m em 60,0 s, a uma velocidade constante, que potência média é exigida da força que realiza esse trabalho?

70 Uma força $\vec{F} = (4,0 \text{ N})\hat{i} + c\hat{j}$ age sobre uma partícula enquanto a partícula sofre um deslocamento $\vec{d} = (3,0 \text{ m})\hat{i} - (2,0 \text{ m})\hat{j}$. (Outras forças também agem sobre a partícula.) Qual é o valor de c se o trabalho realizado sobre a partícula pela força \vec{F} é (a) 0, (b) 17 J e (c) -18 J?

71 Uma força constante, de módulo 10 N, faz um ângulo de 150° (no sentido anti-horário) com o semieixo x positivo ao agir sobre um objeto de 2,0 kg que se move em um plano xy . Qual é o trabalho realizado pela força sobre o objeto quando ele se desloca da origem até o ponto cujo vetor posição é $(2,0 \text{ m})\hat{i} - (4,0 \text{ m})\hat{j}$?

72 Na Fig. 7-49a, uma força de 2,0 N, que faz um ângulo θ para baixo e para a direita com a horizontal, é aplicada a um bloco de 4,0 kg enquanto o bloco desliza 1,0 m para a direita em um piso horizontal sem atrito. Escreva uma expressão para a velocidade v_f do bloco após ser percorrida essa distância, para uma velocidade inicial de (a) 0 e (b) 1,0 m/s para a direita. (c) A situação da Fig. 7-49b é semelhante à do item (b), pois o bloco está inicialmente se deslocando para a direita com uma velocidade de 1,0 m/s, mas agora a força de 2,0 N está dirigida para baixo e para a esquerda. Escreva uma expressão para a velocidade v_f do bloco após ser percorrida uma distância de 1,0 m. (d) Plote as três expressões de v_f em função do ângulo θ , de $\theta = 0$ a $\theta = 90^\circ$. Interprete os gráficos.

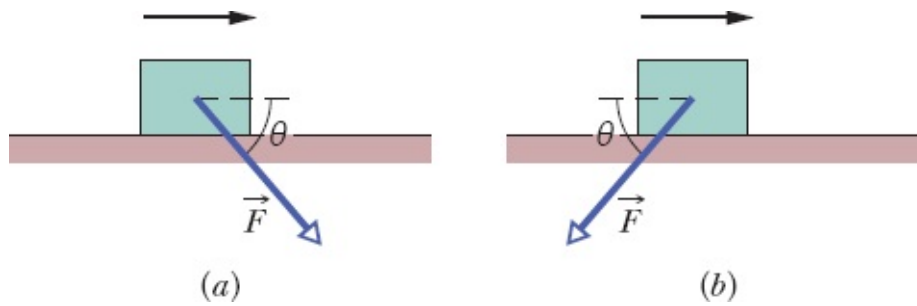


Figura 7-49 Problema 72.

73 Uma força \vec{F} no sentido positivo de um eixo x age sobre um objeto que se move ao longo desse eixo. Se o módulo da força é $F = 10e^{-x/2,0}$ N, com x em metros, determine o trabalho realizado por \vec{F} quando o objeto se desloca de $x = 0$ a $x = 2,0$ m (a) plotando $F(x)$ e estimando a área sob a curva e (b) integrando $F(x)$.

74 Uma partícula que se move em linha reta sofre um deslocamento $\vec{d} = (8 \text{ m})\hat{i} + c\hat{j}$ sob a ação de uma força $\vec{F} = (2 \text{ N})\hat{i} - (4 \text{ N})\hat{j}$. (Outras forças também agem sobre a partícula.) Qual é o valor de c se o trabalho realizado por \vec{F} sobre a partícula é (a) zero, (b) positivo e (c) negativo?

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?

76 Um bloco de gelo de 45 kg desliza para baixo em um plano inclinado sem atrito de 1,5 m de comprimento e 0,91 m de altura. Um operário empurra o bloco para cima com uma força paralela ao plano inclinado, o que faz o bloco descer com velocidade constante. (a) Determine o módulo da força exercida pelo operário. Qual é o trabalho realizado sobre o bloco (b) pela força do operário, (c) pela força gravitacional, (d) pela força normal do plano inclinado e (e) pela força resultante?

77 Uma partícula que se move ao longo de um eixo x está submetida a uma força orientada no sentido positivo do eixo. A Fig. 7-50 mostra o módulo F da força em função da posição x da partícula. A curva é dada por $F = a/x^2$, com $a = 9,0 \text{ N}\cdot\text{m}^2$. Determine o trabalho realizado pela força sobre a partícula quando a partícula se desloca de $x = 1,0$ m para $x = 3,0$ m (a) estimando o trabalho a partir do gráfico e (b) integrando a função da força.

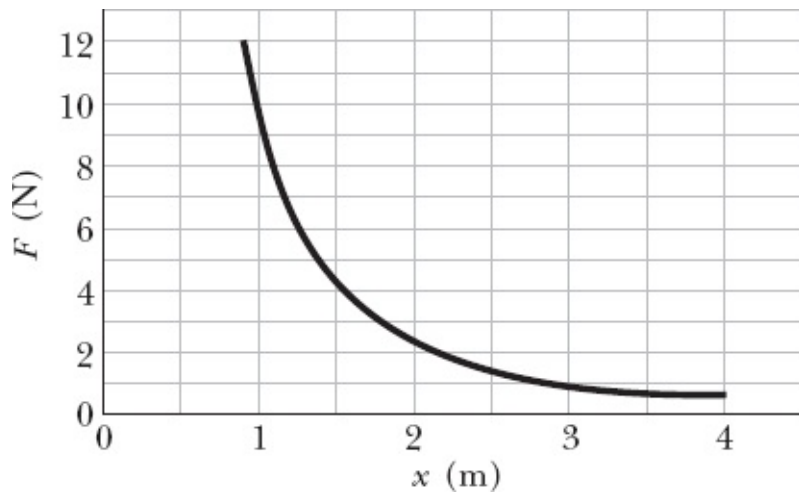


Figura 7-50 Problema 77.

78 Uma caixa de CD escorrega em um piso no sentido positivo de um eixo x enquanto uma força aplicada \vec{F}_a age sobre a caixa. A força está orientada ao longo do eixo x e a componente x é dada por $F_{ax} = 9x - 3x^2$, com x em metros e F_{ax} em newtons. A caixa parte do repouso na posição $x = 0$ e se move até ficar novamente em repouso. (a) Plote o trabalho realizado por \vec{F}_a sobre a caixa em função de x . (b) Em que posição o trabalho é máximo e (c) qual é o valor do trabalho máximo? (d) Em que posição o trabalho se torna nulo? (e) Em que posição a caixa fica novamente em repouso?

79 Uma merendeira de 2,0 kg escorrega em uma superfície sem atrito no sentido positivo de um eixo x . A partir do instante $t = 0$, um vento constante aplica uma força à merendeira no sentido negativo do eixo x . A Fig. 7-51 mostra a posição x da merendeira em função do tempo t . A partir do gráfico, estime a energia cinética da merendeira (a) em $t = 1,0$ s e (b) em $t = 5,0$ s. (c) Qual é o trabalho realizado pelo vento sobre a merendeira entre $t = 1,0$ s e $t = 5,0$ s?

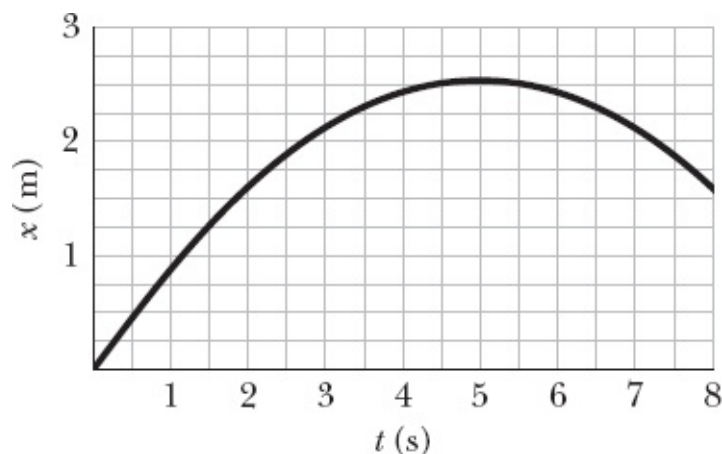


Figura 7-51 Problema 79.

80 *Integração numérica.* Uma caixa é deslocada, ao longo de um eixo x , de $x = 0,15$ m a $x = 1,20$ m por uma força cujo módulo é dado por $F = e^{-2x^2}$, com x em metros e F em newtons. Qual é o trabalho realizado pela força sobre a caixa?

81 No sistema massa-mola da Fig. 7-10, a massa do bloco é 4,00 kg e a constante elástica da mola é 500 N/m. O bloco é liberado da posição $x_i = 0,300$ m. Determine (a) a velocidade do bloco no ponto $x = 0$, (b) o trabalho realizado pela mola quando o bloco chega ao ponto $x = 0$, (c) a potência instantânea desenvolvida pela mola no momento em que o bloco é liberado, (d) a potência instantânea desenvolvida pela mola quando o bloco está passando pelo ponto $x = 0$ e (e) a posição do bloco no instante em que a potência desenvolvida pela mola é mínima.

82 Um bloco de 4,00 kg, que estava inicialmente em repouso em um plano inclinado sem atrito, é puxado para cima por uma força de 50 N paralela ao plano. A força normal que age sobre o bloco tem módulo de 13,41 N. Qual é a velocidade do bloco depois de sofrer um deslocamento de 3,00 m?

83 Uma das extremidades de uma mola com uma constante elástica de 18,0 N/cm está presa a uma

parede. (a) Qual é o trabalho realizado pela força elástica da mola sobre a parede quando a mola sofre um alongamento de 7,60 mm em relação ao estado relaxado? (b) Qual é o trabalho adicional realizado pela força elástica quando a mola sofre um alongamento adicional de 7,60 mm?

84 Uma força $\vec{F} = (2,00\hat{i} + 9,00\hat{j} + 5,30\hat{k})$ N age sobre um objeto de 2,90 kg, o qual sofre um deslocamento, em um intervalo de tempo de 2,10 s, da posição inicial $\vec{r}_1 = (2,70\hat{i} - 2,90\hat{j} + 5,50\hat{k})$ m para uma posição final $\vec{r}_2 = (-4,10\hat{i} + 3,30\hat{j} + 5,40\hat{k})$ m. Determine (a) o trabalho realizado pela força sobre o objeto nesse intervalo de tempo, (b) a potência média desenvolvida pela força durante esse intervalo de tempo e (c) o ângulo entre os vetores \vec{r}_1 e \vec{r}_2 .

85 No instante $t = 0$, a força $\vec{F} = (-5,00\hat{i} + 5,00\hat{j} + 4,00\hat{k})$ N começa a agir sobre uma partícula de 2,00 kg que está se movendo a uma velocidade de 4,00 m/s. Qual é a velocidade da partícula quando o deslocamento em relação à posição inicial é $\vec{d} = (2,00\hat{i} + 2,00\hat{j} + 7,00\hat{k})$ m?