

**2.30** Quando um sinal luminoso fica verde, um carro que estava parado começa o movimento com aceleração constante de  $3,20 \text{ m/s}^2$ . No mesmo instante, um caminhão que se desloca com velocidade constante de  $20,0 \text{ m/s}$  ultrapassa o carro. a) Qual a distância percorrida a partir do sinal para que o carro ultrapasse o caminhão? b) Qual é a velocidade do carro no momento em que ultrapassa o caminhão? c) Faça um gráfico  $x-t$  dos movimentos desses dois veículos. Considere  $x = 0$  o ponto de interseção inicial. d) Faça um gráfico  $v-t$  dos movimentos desses dois veículos.

**2.31** Como no Exemplo 2.5, um carro se move com velocidade constante de módulo igual a  $v_C$ . No momento em que o carro passa por um policial numa motocicleta, a motocicleta é acelerada a partir do repouso com uma aceleração  $a_M$ . a) Faça um gráfico  $x-t$  dos movimentos desses dois veículos. Mostre que quando a motocicleta ultrapassa o carro a velocidade da motocicleta é igual ao dobro da velocidade do carro, qualquer que seja o valor de  $a_M$ . b) Seja  $d$  a distância percorrida pela motocicleta até alcançar o carro. Em termos de  $d$ , qual foi a distância percorrida pela motocicleta até que sua velocidade fosse igual à do carro?

### SEÇÃO 2.6 QUEDA LIVRE DE CORPOS

**2.32** Se a resistência do ar sobre as gotas de chuva pudesse ser desprezada poderíamos considerar essas gotas objetos em queda livre. a) As nuvens que dão origem a chuvas estão em alturas típicas de algumas centenas de metros acima do solo. Estime a velocidade de uma gota de chuva ao cair no solo se ela pudesse ser considerada um corpo em queda livre. Forneça essa estimativa em  $\text{m/s}$  e  $\text{km/h}$ . b) Estime (pela sua experiência pessoal sobre chuva) a velocidade real de uma gota de chuva ao cair no solo. c) Com base nos resultados (a) e (b), verifique se é uma boa aproximação desprezar a resistência do ar sobre as gotas de chuva. Explique.

**2.33** a) Se uma pulga pode dar um salto e atingir uma altura de  $0,440 \text{ m}$ , qual seria sua velocidade inicial ao sair do solo? b) Durante quanto tempo ela permanece no ar?

**2.34 Descida na Lua.** Um módulo explorador da Lua está pousando na Base Lunar I (Figura 2.31). Ele desce lentamente sob a ação dos retro-propulsores do motor de descida. O motor se separa do módulo quando ele se encontra a  $5,0 \text{ m}$  da superfície lunar e possui uma velocidade para baixo igual a  $0,8 \text{ m/s}$ . Ao se separar do motor, o módulo inicia uma queda livre. Qual é a velocidade do módulo no instante em que ele toca a superfície? A aceleração da gravidade na Lua é igual a  $1,6 \text{ m/s}^2$ .

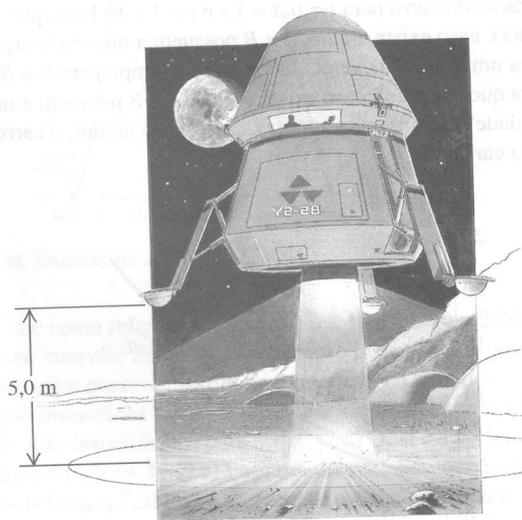


FIGURA 2.31 Exercício 2.34.

**2.35 Um teste simples para o tempo de reação.** Uma régua de medição é mantida verticalmente acima de sua mão com a extremidade inferior entre o polegar e o indicador. Ao ver a régua sendo largada, você a segura com estes dois dedos. Seu tempo de reação pode ser calculado pela distância percorrida pela régua, medida diretamente pela posição dos seus dedos na escala da régua. a) Deduza uma relação para seu tempo de reação em função da distância  $d$ . b) Calcule o tempo de reação supondo uma distância medida igual a  $17,6 \text{ cm}$ .

**2.36** Um tijolo é largado (velocidade inicial nula) do alto de um edifício. Ele atinge o solo em  $2,50 \text{ s}$ . A resistência do ar pode ser desprezada, de modo que o tijolo está em queda livre. a) Qual é a altura do edifício? b) Qual é o módulo da velocidade quando ele atinge o solo? c) Faça gráficos  $a-t$ ,  $v-t$  e  $y-t$  para o movimento do tijolo.

**2.37** Maria lança seu anel verticalmente para cima a partir do telhado de um edifício, a  $12 \text{ m}$  acima do solo, com uma velocidade inicial de  $5,0 \text{ m/s}$ . Despreze a resistência do ar. Determine o módulo e o sentido a) da velocidade média do anel, b) da aceleração média do anel. c) Calcule o tempo que o anel leva para atingir o solo desde o momento em que ele foi lançado. d) Qual é a velocidade do anel quando ele atinge o solo? e) Faça gráficos  $a-t$ ,  $v-t$  e  $y-t$  para o movimento do anel.

**2.38** Um balonista de ar quente que se desloca verticalmente para cima com velocidade constante de módulo igual a  $5,0 \text{ m/s}$  deixa cair um saco de areia no momento em que ele está a uma distância de  $40,0 \text{ m}$  acima do solo (Figura 2.32). Depois que ele é largado, o saco de areia passa a se mover em queda livre. a) Calcule a posição e a velocidade do saco de areia  $0,20 \text{ s}$  e  $1,00 \text{ s}$  depois que ele é largado. b) Calcule o tempo que o saco de areia leva para atingir o solo desde o momento em que ele foi lançado. c) Qual é a velocidade do saco de areia quando ele atinge o solo? d) Qual é a altura máxima em relação ao solo atingida pelo saco de areia? e) Faça gráficos  $a-t$ ,  $v-t$  e  $y-t$  para o movimento do saco de areia.

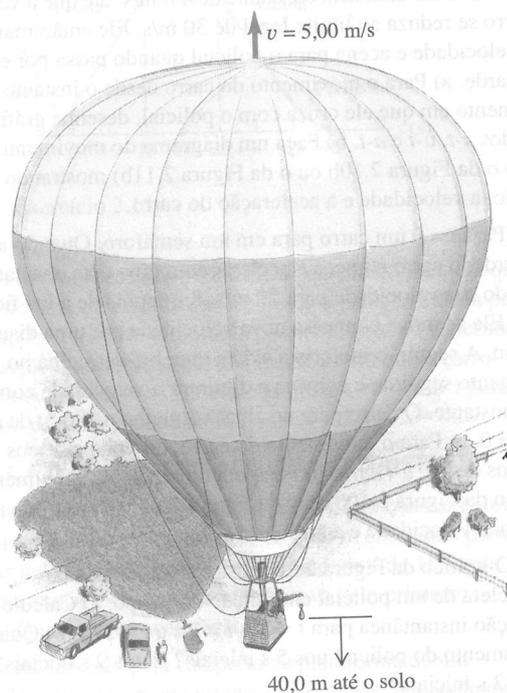


FIGURA 2.32 Exercício 2.38.

**2.39** Um estudante no topo de um edifício joga uma bola com água verticalmente para baixo. A bola deixa a mão do estudant

com uma velocidade de 6,0 m/s. A resistência do ar é ignorada, de modo que a bola pode ser considerada em queda livre após o lançamento. a) Calcule sua velocidade depois de 2,0 s de queda. b) Qual a distância percorrida nesses 2,0 s? c) Qual o módulo da velocidade quando a bola caiu 10,0 m? d) Faça gráficos  $a-t$ ,  $v-t$  e  $y-t$  para o movimento.

**2.40** Um ovo é atirado verticalmente de baixo para cima de um ponto próximo da cornija na extremidade superior de um edifício alto. Ele passa rente da cornija em seu movimento para baixo, atingindo um ponto a 50,0 m abaixo da cornija 5,0 s após ele abandonar a mão do lançador. Despreze a resistência do ar.

a) Calcule a velocidade inicial do ovo. b) Qual a altura máxima atingida acima do ponto inicial do lançamento? c) Qual o módulo da velocidade nessa altura máxima? d) Qual o módulo e o sentido da aceleração nessa altura máxima? e) Faça gráficos de  $a-t$ ,  $v-t$  e  $y-t$  para o movimento do ovo.

**2.41** O *Sonic Wind No. 2* é uma espécie de trenó movido por um foguete, usado para investigar os efeitos fisiológicos de acelerações elevadas. Ele se desloca em uma pista retilínea com 1070 m de comprimento. Partindo do repouso pode atingir uma velocidade de 224 m/s em 0,900 s.

a) Calcule a aceleração em  $m/s^2$  supondo que ela seja constante. b) Qual a razão entre essa aceleração e a aceleração de um corpo em queda livre ( $g$ )? c) Qual a distância percorrida em 0,900 s? d) Um artigo publicado por uma revista afirma que no final de uma corrida a velocidade desse trenó diminui de 283 km/h até zero em 1,40 s e que durante este intervalo de tempo a aceleração é maior que 40  $g$ . Esses valores são coerentes?

**2.42** Uma pedra grande é expelida verticalmente de baixo para cima por um vulcão com velocidade inicial de 40,0 m/s. Despreze a resistência do ar. a) Qual é o tempo que a pedra leva,

após o lançamento, para que sua velocidade seja de 20,0 m/s de baixo para cima? b) Qual o tempo que a pedra leva, após o lançamento, para que sua velocidade seja de 20,0 m/s de cima para baixo? c) Quando o deslocamento da pedra é igual a zero? d) Quando a velocidade da pedra é igual a zero? e) Qual o módulo e o sentido da aceleração enquanto a pedra i) está se movendo de baixo para cima? ii) está se movendo de cima para baixo? iii) está no ponto mais elevado da sua trajetória? f) Faça gráficos  $a-t$ ,  $v-t$  e  $y-t$  para o movimento.

**2.43** Suponha que a aceleração da gravidade seja de apenas 0,98  $m/s^2$  em vez de 9,8  $m/s^2$ , porém a velocidade inicial para você pular ou lançar uma bola continua sendo a mesma. a) Calcule a altura que você poderia atingir caso desse um salto para cima, sabendo que a altura atingida pelo salto com  $g = 9,8 m/s^2$  é igual a 0,75 m. b) Até que altura você poderia lançar uma bola, caso você lançasse a mesma bola até uma altura de 18 m supondo  $g = 9,8 m/s^2$ ? c) Supondo que você possa pular com segurança de uma janela para uma calçada situada a uma altura de 2,0 m da janela, considerando  $g = 9,8 m/s^2$ , calcule a altura máxima da janela, considerando o valor reduzido da aceleração da gravidade.

**\*SEÇÃO 2.7 VELOCIDADE E POSIÇÃO POR INTEGRAÇÃO**

**\*2.44** A aceleração de um ônibus é dada por  $a(t) = \alpha t$ , onde  $\alpha = 1,2 m/s^3$ . a) Se a velocidade do ônibus para  $t = 1,0 s$  é igual a 5,0 m/s, qual é sua velocidade para  $t = 2,0 s$ ? b) Se a posição do ônibus para  $t = 1,0 s$  é igual a 6,0 m, qual sua posição para  $t = 2,0 s$ ? c) Faça gráficos  $a-t$ ,  $v-t$  e  $x-t$  para esse movimento.

**\*2.45** A aceleração de uma motocicleta é dada por  $a(t) = At - Bt^2$ , onde  $A = 1,5 m/s^3$  e  $B = 0,120 m/s^4$ . A motocicleta está em repouso na origem no instante  $t = 0$ . a) Calcule sua velocidade e posição em função do tempo. b) Calcule a velocidade máxima que ela pode atingir.

**PROBLEMAS**

**2.46** Em uma competição de bicicletas com percurso de 30 km, você percorre os primeiros 15 km com uma velocidade média de 12 km/h. Qual deve ser sua velocidade escalar média nos 15 km restantes para que sua velocidade escalar média no percurso total de 30 km seja de a) 6 km/h? b) 18 km/h? c) Dada a referida velocidade média para os primeiros 15 km, você poderia ou não atingir uma velocidade escalar média de 24 km/h no percurso total de 30 km? Explique.

**2.47** A posição de uma partícula entre  $t = 0$  e  $t = 2,0 s$  é dada por  $x(t) = (3,00 m/s^3)t^3 - (10,0 m/s^2)t^2 + (9,00 m/s)t$ . a) Faça gráficos de  $x-t$ ,  $v-t$  e  $a-t$  para essa partícula. b) Para que tempo(s) entre  $t = 0$  e  $t = 2,00 s$  a partícula está em repouso? O resultado obtido por você está de acordo com o gráfico  $v-t$  da parte (a)? c) Para qual tempo calculado na parte (b) a aceleração da partícula é positiva ou negativa? Mostre que em cada caso podemos obter a mesma resposta pelo gráfico  $v-t$  ou pela função  $a(t)$ . d) Para que tempo(s) entre  $t = 0$  e  $t = 2,00 s$  a velocidade da partícula não varia instantaneamente? Localize esse ponto nos gráficos  $a-t$  e  $v-t$  da parte (a). e) Qual a maior distância entre a partícula e a origem ( $x = 0$ ) no intervalo entre  $t = 0$  e  $t = 2,00 s$ ? f) Para que tempo(s) entre  $t = 0$  e  $t = 2,00 s$  a partícula está aumentando de velocidade com a maior taxa? Para que tempo(s) entre  $t = 0$  e  $t = 2,00 s$  a partícula está diminuindo de velocidade com a maior taxa? Localize esses pontos nos gráficos  $a-t$  e  $v-t$  da parte (a).

**2.48** Em uma gincana, cada concorrente corre 25,0 m transportando um ovo equilibrado em uma colher, dá a volta e

retorna ao ponto de partida. Elaine corre os primeiros 25,0 m em 20,0 s. Quando volta, ela se sente mais segura e leva apenas 15,0 s. Qual o módulo do vetor velocidade média para a) os 25,0 m? b) a viagem de volta? c) Qual o módulo do vetor velocidade média no percurso todo quando ela volta ao ponto de partida? d) Qual é a velocidade escalar média no percurso todo quando ela volta ao ponto de partida?

**2.49** Daniel dirige na Estrada I-80 em Seward, no Estado de Nebraska, e segue por um trecho retilíneo de leste para oeste com uma velocidade média com módulo igual a 88 km/h. Depois de percorrer 76 km, ele atinge a saída de Aurora (Figura 2.33). Percebendo que ele foi longe demais, retorna 34 km de oeste para leste até a saída para York com uma velocidade média com módulo igual a 72 km/h. Para a viagem total desde Seward até a saída de York, qual é a) sua velocidade escalar média? b) o módulo do vetor velocidade média?

**2.50 Tráfego em uma auto-estrada.** De acordo com um artigo da revista *Scientific American* (maio de 1990), circulam normalmente em uma auto-estrada americana cerca de 2400 veículos por hora em cada pista com velocidade de 96 km/h para um tráfego considerado regular. Depois desse limite o fluxo do tráfego começa a ficar "turbulento" (com acelerações e paradas). a) Se cada veículo possui comprimento aproximadamente igual a 4,6 m, qual é o espaçamento médio entre os veículos para a densidade do tráfego mencionado? b) Um sistema automático para evitar colisões que opera com sinais de radar ou sonar, e que pode

2.58 Dois motoristas malucos resolvem dirigir um de encontro ao outro. No instante  $t = 0$ , a distância entre os dois carros é  $D$ , o carro 1 está em repouso e o carro 2 se move da direita para a esquerda com velocidade  $v_0$ . O carro 1 começa a acelerar a partir de  $t = 0$  com aceleração constante  $a$ . O carro 2 continua a mover-se com velocidade constante. a) Em que instante ocorrerá a colisão? b) Ache a velocidade do carro 1 imediatamente antes de colidir com o carro 2. c) Faça diagramas  $x-t$  e  $v-t$  para o carro 1 e para o carro 2. Desenhe curvas para cada veículo usando o mesmo eixo.

2.59 Em seu Mustang, José contorna uma curva e atinge uma estrada retilínea no campo enquanto se desloca a 20 m/s e avista um trator que espalha adubo bloqueando completamente a pista a uma distância de 37 m à sua frente. Surpreso, ele pisa no freio depois de 0,80 s de tempo de reação, conseguindo parar bem próximo do trator. Considerando o mesmo tempo de reação e a mesma aceleração, se ele estivesse a 25,0 m/s em vez de 20 m/s, a qual seria sua velocidade ao colidir com o trator? b) quanto tempo de vida ele teria desde o momento em que viu o trator até o instante da colisão?

2.60 Um carro da polícia se desloca em linha reta com velocidade constante  $v_p$ . Um caminhão que se move no mesmo sentido com velocidade  $\frac{3}{2} v_p$  ultrapassa o carro. A motorista que dirige o caminhão verifica que está acelerando e imediatamente começa a diminuir sua velocidade com uma taxa constante. Contudo, ela estava em um dia de sorte e o policial (ainda movendo-se com a mesma velocidade) passa pelo caminhão sem aplicar-lhe a multa. a) Mostre que a velocidade do caminhão no instante em que o carro da polícia passa por ele *não* depende do módulo da aceleração do caminhão no momento em que ele começa a diminuir sua velocidade e calcule o valor dessa velocidade. b) Faça um gráfico  $x-t$  para os dois veículos.

2.61 O motorista de um carro deseja passar um caminhão que se desloca com velocidade constante de 20,0 m/s. Inicialmente, o carro também se desloca com velocidade de 20,0 m/s e seu pára-choque dianteiro está a 24,0 m atrás do pára-choque traseiro do caminhão. Ele acelera com taxa constante de  $0,600 \text{ m/s}^2$ , a seguir volta para a pista do caminhão quando a traseira do carro está a 26,0 m da frente do caminhão. Ele possui comprimento de 4,5 m e o comprimento do caminhão é igual a 21,0 m. a) Qual o tempo necessário para o carro ultrapassar o caminhão? b) Qual a distância percorrida pelo carro nesse intervalo de tempo? c) Qual é a velocidade final do carro?

\*2.62 A velocidade de um objeto é dada por  $v(t) = \alpha - \beta t^2$ , onde  $\alpha = 4,0 \text{ m/s}$  e  $\beta = 2,0 \text{ m/s}^3$ . Para  $t = 0$ , o objeto está em  $x = 0$ . a) Calcule a posição e a aceleração do objeto em função do tempo. b) Qual a distância *positiva máxima* entre o objeto e a origem?

\*2.63 A aceleração de uma partícula é dada por  $a(t) = -2,00 \text{ m/s}^2 + (3,00 \text{ m/s}^3)t$ . a) Calcule a velocidade inicial  $v_0$  de modo que a partícula tenha a mesma coordenada  $x$  para  $t = 0$  s e  $t = 4$  s. b) Qual seria sua velocidade para  $t = 4,0$  s?

2.64 Você está sobre o telhado do edifício de um físico, 46 m acima do solo (Figura 2.36). Seu professor de física, que possui 1,8 m de altura, está caminhando próximo do edifício com uma velocidade constante de 1,2 m/s. Se você deseja jogar um ovo na cabeça dele, em que ponto ele deve estar quando você largar o ovo? Suponha que o ovo esteja em queda livre.

2.65 Um estudante de física com bastante tempo livre deixa cair uma melancia do alto do telhado de um edifício. Ele escuta o barulho da melancia ao se espatifar 2,50 s depois do lançamento. Qual a altura do edifício? A velocidade do som no ar é igual a 340 m/s. Despreze a resistência do ar.

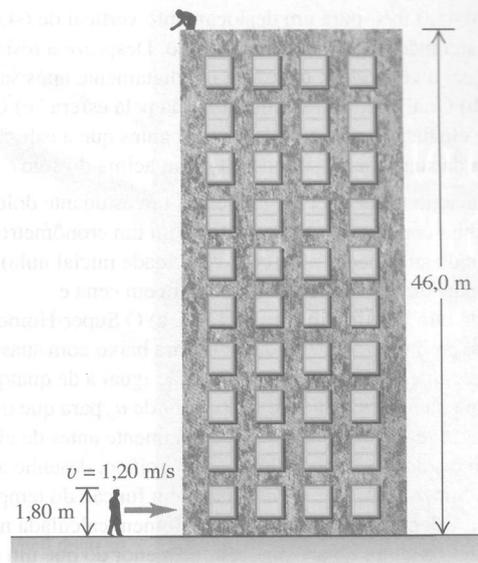


FIGURA 2.36 Problema 2.64.

2.66 Estime a velocidade máxima e o módulo da aceleração de um elevador. Você precisa usar suas observações sobre o tempo que o elevador leva para ir de um andar para outro, a distância vertical aproximada de um andar para outro e a distância percorrida quando o elevador acelera até sua velocidade máxima ou quando diminui de velocidade até parar.

2.67 Os visitantes de um parque de diversões observam uma mergulhadora saltar de uma plataforma situada a uma altura de 21,3 m de um pequeno lago. De acordo com o apresentador, a mergulhadora entra na água com velocidade de 25 m/s. Despreze a resistência do ar. a) A afirmação do anúncio está correta? b) A velocidade de 25 m/s poderia ser atingida caso a mergulhadora saltasse diretamente para cima sobre uma prancha de modo que abandonasse a prancha no momento em que ela se abaixa? Em caso afirmativo, qual deveria ser sua velocidade para cima? Essa velocidade inicial seria fisicamente atingível?

2.68 Um vaso de flores cai de um peitoril de uma janela e passa pela janela de baixo. Despreze a resistência do ar. Ele leva 0,420 s para passar por essa janela, cuja altura é igual a 1,90 m. Qual é a distância entre o topo dessa janela e o peitoril de onde o vaso caiu?

2.69 Uma bola de futebol é chutada verticalmente de baixo para cima e um estudante que está olhando para fora de uma janela a vê subir e passar por ele com velocidade de 5,00 m/s. A janela está a uma altura de 12,0 m acima do solo. Despreze a resistência do ar. a) Qual é a altura máxima atingida pela bola em relação ao solo? b) Qual é o tempo que a bola leva para ir do solo até a altura máxima?

2.70 Um modelo de foguete possui uma aceleração constante de baixo para cima igual a  $40,0 \text{ m/s}^2$  enquanto seu motor está funcionando. O foguete é lançado verticalmente e o motor funciona durante 2,50 s até o combustível terminar. Depois que o motor pára de funcionar, o foguete está em queda livre. O movimento do foguete é puramente na vertical. a) Faça diagramas de  $a-t$ ,  $v-t$  e  $y-t$  para o foguete. b) Qual a altura máxima atingida pelo foguete? c) Qual a velocidade do foguete imediatamente antes de ele se chocar com o solo? d) O tempo total de voo é igual ao dobro do tempo que o foguete leva para atingir a altura máxima? Explique. (Veja a Questão 2.16.)

2.71 Sérgio arremessa uma esfera de chumbo de 7 kg de baixo para cima, aplicando-lhe um impulso que a acelera a partir do