

Resposta da Checagem Conceitual

- 2-1 Não. A distância entre os carros não permanecerá constante, mas decrescerá continuamente. Quando você começa a frear, a rapidez de seu carro é maior que a do carro da frente. Isto, porque o carro da frente começou a frear 0,3 s antes. Como os carros perdem rapidez com a mesma taxa, a rapidez de seu carro permanecerá maior que a do carro da frente durante todo o tempo.

Respostas dos Problemas Práticos

- 2-1 1,2 m/s
 2-2 (a) 65 km/h (b) 2,5 s
 2-3 Apenas (d) tem as mesmas dimensões nos dois lados da equação. Apesar de não podermos obter a equação exata a partir de uma análise dimensional, é comum podermos obter a dependência funcional.
 2-4 54 ms
 2-5 (a) e (b) $y_{\text{máx}} - y_0 = 11,0$ m (c) $-14,7$ m/s; note que a rapidez final é a mesma que a inicial
 2-6 (a) $+0,981$ m/s (b) $-0,981$ m/s
 (c) $[(-0,981 \text{ m/s}) - (+0,981 \text{ m/s})]/(0,200 \text{ s}) = -9,81 \text{ m/s}^2$
 2-7 250 m

Problemas

Em alguns problemas, você recebe mais dados do que necessita; em alguns outros, você deve acrescentar dados de seus conhecimentos gerais, fontes externas ou estimativas bem fundamentadas.

Interprete como significativos todos os algarismos de valores numéricos que possuem zeros em seqüência sem vírgulas decimais.

Em todos os problemas, use $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ para a aceleração de queda livre devida à gravidade e despreze atrito e resistência do ar, a não ser quando especificamente indicado.

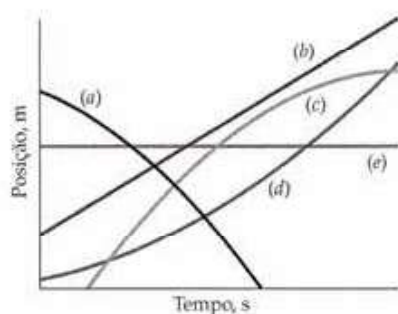
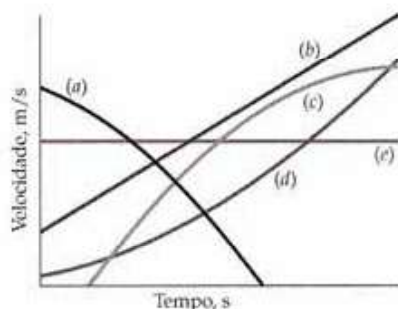
PROBLEMAS CONCEITUAIS

- Qual é a velocidade média para uma viagem de ida-e-volta de um objeto lançado verticalmente para cima, a partir do solo, que cai retornando ao solo?
- Um objeto, atirado verticalmente para cima, cai de volta e é apanhado no mesmo local de onde foi lançado. Seu tempo de voo é T ; sua altura máxima é H . Despreze a resistência do ar. A expressão correta para sua rapidez média, para o voo completo, é (a) H/T , (b) 0 , (c) $H/(2T)$, (d) $2H/T$.
- Usando a informação da questão anterior, qual a rapidez média para a primeira metade da viagem? Qual a rapidez média para a segunda metade da viagem? (Resposta em termos de H e de T .)
- Dê um exemplo do cotidiano para um movimento unidimensional em que (a) a velocidade aponta para o oeste e a aceleração aponta para o leste, e (b) a velocidade aponta para o norte e a aceleração aponta para o norte.
- Coloque-se no centro de uma grande sala. Chame a orientação para a sua direita de "positiva" e a orientação para a sua esquerda de "negativa". Caminhe pela sala ao longo de uma linha reta, usando uma aceleração constante para rapidamente atingir uma rapidez constante ao longo de uma linha reta na orientação negativa. Após atingir esta rapidez constante, mantenha sua velocidade negativa, mas faça sua aceleração se tornar positiva. (a) Descreva como sua rapidez variou em sua caminhada. (b) Esboce um gráfico de x versus t para seu movimento. Suponha que você começou em $x = 0$. (c) Diretamente sob o gráfico da Parte (b), esboce um gráfico para v_x versus t .
- Verdadeiro/falso: O deslocamento é sempre igual ao produto da velocidade média pelo intervalo de tempo. Explique sua escolha.
- A afirmativa "para a velocidade de um objeto permanecer constante sua aceleração deve permanecer zero" é verdadeira ou falsa? Explique sua escolha.

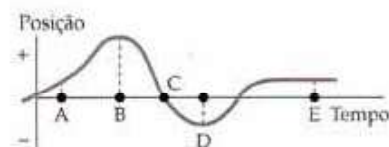
- Um só conceito, um só passo, relativamente simples
- Nível intermediário, pode requerer síntese de conceitos
- Desafiante, para estudantes avançados

Problemas consecutivos sombreados são problemas pareados.

- • VÁRIOS PASSOS Trace, cuidadosamente, gráficos da posição, da velocidade e da aceleração em função do tempo, no intervalo $0 \leq t \leq 30$ s para um carrinho que, em seqüência, tem o seguinte movimento. O carrinho move-se à rapidez constante de $5,0$ m/s no sentido $+x$. Ele passa pela origem em $t = 0,0$ s. Ele continua a $5,0$ m/s durante $5,0$ s, após o que, ganha rapidez à taxa constante de $0,50$ m/s a cada segundo, durante $10,0$ s. Após ganhar rapidez por $10,0$ s, o carrinho perde $0,50$ m/s em rapidez, a uma taxa constante, nos próximos $15,0$ s.
- Verdadeiro/falso: Velocidade média é sempre igual à metade da soma das velocidades inicial e final. Explique sua escolha.
- Dois gêmeos idênticos estão sobre uma ponte horizontal e cada um atira uma pedra na água, diretamente para baixo. Eles atiram as pedras exatamente no mesmo instante, mas uma atinge a água antes da outra. Como isto pode ocorrer? Explique o que eles fizeram de diferente. Ignore qualquer efeito de resistência do ar.
- • O Dr. Josiah S. Carberry está no topo da Torre Sears, em Chicago. Querendo imitar Galileu e ignorando a segurança dos pedestres lá embaixo, ele larga uma bola de boliche do topo da torre. Um segundo após, ele larga uma segunda bola de boliche. Enquanto as bolas estão no ar, a separação entre elas (a) aumenta com o tempo, (b) diminui, (c) permanece a mesma? Ignore efeitos devido à resistência do ar.
- • Quais das curvas posição versus tempo da Figura 2-28 mostram melhor o movimento de um objeto (a) com aceleração positiva, (b) com velocidade constante positiva, (c) que está sempre em repouso e (d) com aceleração negativa? (Pode haver mais de uma resposta correta para cada parte do problema.)
- • Quais das curvas velocidade versus tempo da Figura 2-29 melhor descrevem o movimento de um objeto (a) com aceleração constante positiva, (b) com aceleração positiva que decresce com o tempo, (c) com aceleração positiva que cresce com o tempo e (d) sem aceleração? (Pode haver mais de uma resposta correta para cada parte do problema.)

FIGURA 2-28
Problema 12FIGURA 2-29
Problema 13

- 14 •• O diagrama da Figura 2-30 traça a localização de um objeto que se move em linha reta ao longo do eixo x . Suponha o objeto na origem em $t = 0$. Dos cinco tempos mostrados, para qual tempo (ou quais tempos) o objeto está (a) mais afastado da origem, (b) instantaneamente em repouso, (c) entre dois repouso instantâneos e (d) afastando-se da origem?

FIGURA 2-30
Problemas 14 e 15

- 15 •• Um objeto move-se ao longo de uma linha reta. Seu gráfico posição *versus* tempo está mostrado na Figura 2-30. Em qual tempo (ou quais tempos) (a) sua rapidez é mínima, (b) sua aceleração é positiva e (c) sua velocidade é negativa?
- 16 •• Para cada um dos quatro gráficos x *versus* t na Figura 2-31, responda às seguintes questões. (a) A velocidade no tempo t_2 é maior, menor ou igual à velocidade no tempo t_1 ? (b) A rapidez no tempo t_2 é maior, menor ou igual à rapidez no tempo t_1 ?

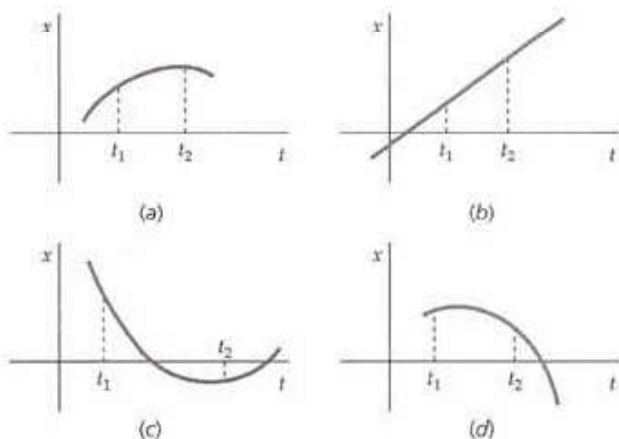


FIGURA 2-31 Problema 16

- 17 •• Verdadeiro/falso:
- (a) Se a aceleração de um objeto é sempre zero, então ele não pode estar se movendo.
- (b) Se a aceleração de um objeto é sempre zero, então sua curva x *versus* t deve ser uma linha reta.
- (c) Se a aceleração de um objeto é não-nula em um instante, ele pode estar momentaneamente em repouso nesse instante.
- Explique seu raciocínio para cada resposta. Se responder *verdadeiro* a uma pergunta, dê um exemplo.
- 18 •• Uma bola de tênis lançada com vigor está se movendo horizontalmente quando se choca perpendicularmente com uma parede vertical de concreto. Despreze quaisquer efeitos gravitacionais para o pequeno intervalo de tempo aqui considerado. Suponha o sentido $+x$ apontando para a parede. Quais são os sentidos da velocidade e da aceleração da bola (a) justamente antes de atingir a parede, (b) no momento do impacto e (c) justamente após abandonar a parede?

- 19 •• Uma bola é lançada verticalmente para cima. Despreze quaisquer efeitos de resistência do ar. (a) Qual é a velocidade da bola no ponto mais alto de seu voo? (b) Qual é sua aceleração nesse ponto? (c) Diga o que há de diferente com relação à velocidade e à aceleração no ponto mais alto do voo, em comparação com a bola se chocando com um teto horizontal duro e retornando.

- 20 •• Um objeto que é lançado verticalmente para cima, do solo, atinge uma altura máxima H , e cai de volta ao solo, atingindo-o T segundos após o lançamento. Despreze quaisquer efeitos de resistência do ar. (a) Expresse a rapidez média para a viagem completa em função de H e de T . (b) Expresse a rapidez média para o mesmo intervalo de tempo como função da rapidez inicial de lançamento v_0 .

- 21 •• Uma pequena bola de chumbo é lançada verticalmente para cima. Verdadeiro ou falso: (Despreze quaisquer efeitos de resistência do ar.) (a) A magnitude de sua aceleração decresce na subida. (b) O sentido de sua aceleração na descida é oposto ao sentido de sua aceleração na subida. (c) O sentido de sua velocidade na descida é oposto ao sentido de sua velocidade na subida.

- 22 •• Em $t = 0$, o objeto A é largado do telhado de um prédio. No mesmo instante, o objeto B é largado de uma janela 10 m abaixo do telhado. A resistência do ar é desprezível. Durante a queda de B, a distância entre os dois objetos (a) é proporcional a t , (b) é proporcional a t^2 , (c) decresce, (d) permanece igual a 10 m.

- 23 •• **RICO EM CONTEXTO** Você está dirigindo um Porsche que acelera uniformemente de 80,5 km/h (50 mi/h) em $t = 0,00$ s para 113 km/h (70 mi/h) em $t = 9,00$ s. (a) Qual dos gráficos da Figura 2-32 melhor descreve a velocidade de seu carro? (b) Esboce um gráfico posição *versus* tempo mostrando a localização de seu carro durante estes nove segundos, supondo que sua posição x é zero em $t = 0$.

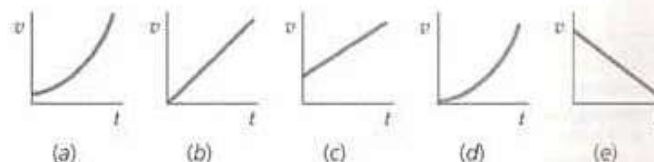


FIGURA 2-32 Problema 23

- 24 •• Um objeto pequeno e pesado é largado do repouso e cai uma altura D em um tempo T . Depois de cair durante um tempo $2T$, qual será (a) sua altura de queda a partir de sua posição inicial, (b) sua rapidez e (c) sua aceleração? (Despreze a resistência do ar.)

- 25 •• Em uma corrida, em um instante em que dois cavalos estão correndo lado a lado e no mesmo sentido (o sentido $+x$), a

velocidade e a aceleração instantâneas do cavalo A são $+10 \text{ m/s}$ e $+2,0 \text{ m/s}^2$, respectivamente, e as do cavalo B são $+12 \text{ m/s}$ e $-1,0 \text{ m/s}^2$, respectivamente. Qual cavalo está ultrapassando o outro neste instante? Explique.

26 •• Verdadeiro ou falso: (a) A equação $x - x_0 = v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$ é sempre válida para movimento de partícula em uma dimensão. (b) Se a velocidade em um dado instante é zero, a aceleração nesse instante também deve ser zero. (c) A equação $\Delta x = v_{\text{méd}} \Delta t$ vale para qualquer movimento de partícula em uma dimensão.

27 •• Se um objeto está se movendo em linha reta com aceleração constante, sua velocidade instantânea na metade de qualquer intervalo de tempo é (a) maior que sua velocidade média, (b) menor que sua velocidade média, (c) igual à sua velocidade média, (d) metade de sua velocidade média (e) o dobro de sua velocidade média.

28 •• Uma tartaruga, vendo seu dono colocando alface fresca no outro lado de seu terrário, começa a acelerar (a uma taxa constante) a partir do repouso em $t = 0$, visando diretamente a comida. Seja t_1 o tempo em que a tartaruga cobriu metade da distância até o seu almoço. Deduza uma expressão para a razão entre t_2 e t_1 , onde t_2 é o tempo em que a tartaruga alcança a alface.

29 •• As posições de dois carros em pistas paralelas de um trecho reto de uma auto-estrada estão plotadas, como funções do tempo, na Figura 2-33. Tome valores positivos para x à direita da origem. Responda qualitativamente o seguinte: (a) Acontece dos dois carros estarem, momentaneamente, lado a lado? Caso afirmativo, indique o tempo (ou os tempos) em que isto ocorre no eixo. (b) Eles estão sempre viajando no mesmo sentido ou pode ocorrer de eles viajarem em sentidos opostos? Caso afirmativo, quando? (c) Eles chegam a viajar com a mesma velocidade? Caso afirmativo, quando? (d) Quando é que os dois carros estão o mais afastados entre si? (e) Esboce (sem números) a curva velocidade *versus* tempo para cada carro.

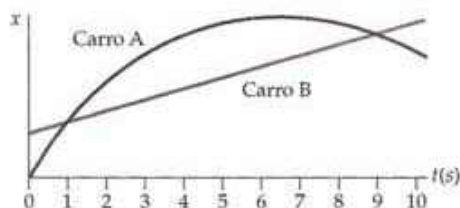


FIGURA 2-33 Problema 29

30 •• Um carro viajando com velocidade constante passa pela origem no tempo $t = 0$. Neste instante, um caminhão, em repouso na origem, começa a acelerar uniformemente a partir do repouso. A Figura 2-34 mostra um gráfico qualitativo das velocidades do caminhão e do carro com funções do tempo. Compare seus deslocamentos (a partir da origem), velocidades e acelerações no instante em que suas curvas se interceptam.

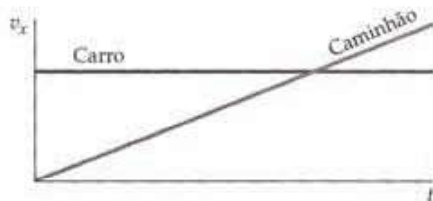


FIGURA 2-34 Problema 30

31 •• Reginaldo saiu para sua corrida matinal e, percorrendo uma pista reta, tem uma velocidade que depende do tempo como mostrado na Figura 2-35. Isto é, ele parte do repouso e termina em repouso, atingindo a velocidade máxima $v_{\text{máx}}$ em um tempo arbitrário $t_{\text{máx}}$. Uma outra corredora, Janaina, corre no intervalo de tempo de $t = 0$ até $t = t_1$ com uma rapidez constante v_1 , de forma que ambos terão o mesmo deslocamento no mesmo intervalo de tempo. Note: t_1 NÃO é o dobro de $t_{\text{máx}}$, mas representa um tempo arbitrário. Qual é a relação entre v_1 e $v_{\text{máx}}$?

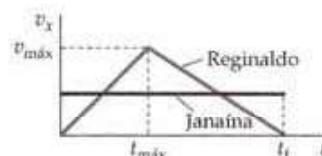


FIGURA 2-35 Problema 31

32 •• Qual gráfico (ou quais gráficos), se existe algum, de v_x *versus* t na Figura 2-36 melhor descreve(m) o movimento de uma partícula com (a) velocidade positiva e rapidez crescente, (b) velocidade positiva e aceleração nula, (c) aceleração constante não nula e (d) uma rapidez decrescente?

33 •• Qual gráfico (ou quais gráficos), se existe algum, de v_x *versus* t na Figura 2-36 melhor descreve(m) o movimento de uma partícula com (a) velocidade negativa e rapidez crescente, (b) velocidade negativa e aceleração nula, (c) aceleração variável e (d) uma rapidez crescente?

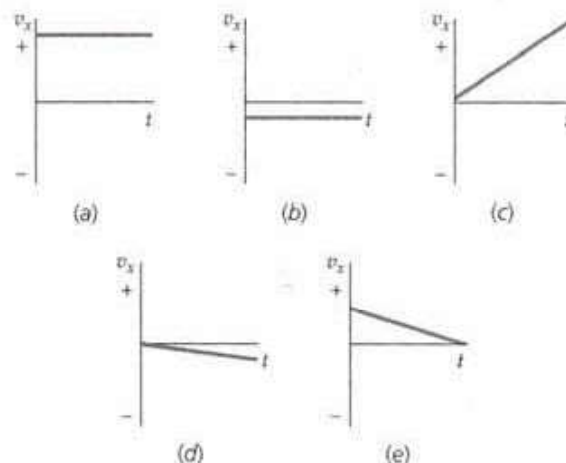


FIGURA 2-36 Problemas 32 e 33

34 •• Esboce uma curva v *versus* t para cada uma das seguintes condições: (a) A aceleração é zero e constante enquanto a velocidade não é zero. (b) A aceleração é constante, mas não é nula. (c) A velocidade e a aceleração são ambas positivas. (d) A velocidade e a aceleração são ambas negativas. (e) A velocidade é positiva e a aceleração é negativa. (f) A velocidade é negativa e a aceleração é positiva. (g) A velocidade é momentaneamente nula mas a aceleração não é nula.

35 •• A Figura 2-37 mostra nove gráficos de posição, velocidade e aceleração para objetos em movimento ao longo de uma linha reta. Indique os gráficos que correspondem às seguintes condições: (a) A velocidade é constante, (b) a velocidade muda de sentido, (c) a aceleração é constante e (d) a aceleração não é constante. (e) Quais gráficos de posição, velocidade e aceleração são mutuamente consistentes?

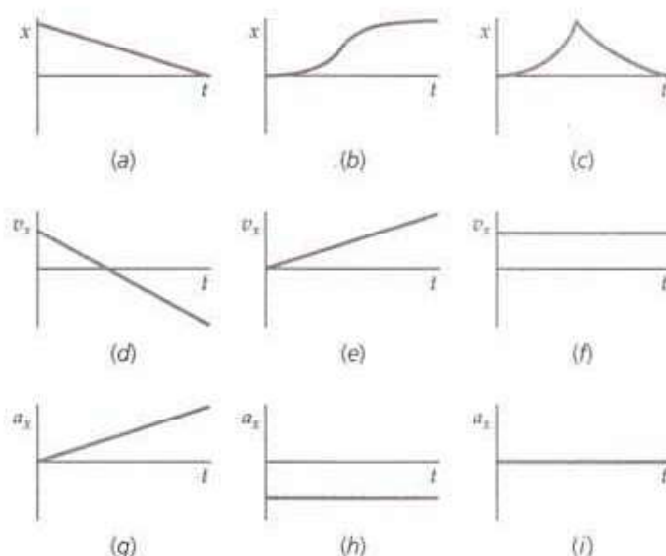


FIGURA 2-37 Problema 35

ESTIMATIVA E APROXIMAÇÃO

36 • **RICO EM CONTEXTO** Absorto em pensamentos sobre a brilhante aula que seu professor de física acaba de ministrar, você descuidadamente caminha diretamente para a parede (em vez de se dirigir para a porta aberta da sala de aula). Estime a magnitude de sua aceleração média em sua rápida freada.

37 • **APLICAÇÃO BIOLÓGICA** Ocasionalmente, alguém pode sobreviver a uma queda de grande altura se a superfície sobre a qual ele cai é macia o suficiente. Em uma escalada na famosa face norte do monte Eiger, o gancho de ancoragem do montanhista Carlos Ragone se soltou e ele mergulhou 500 pés até cair na neve. Surpreendentemente, ele sofreu apenas algumas escoriações e uma distensão no ombro. Supondo que seu impacto tenha produzido um buraco na neve de 4,0 ft de profundidade, estime sua aceleração média enquanto ele freava até parar (isto é, enquanto ele estava colidindo com a neve).

38 • Quando resolvemos problemas de queda livre próximo à Terra, é importante lembrar que a resistência do ar pode desempenhar um papel significativo. Se seus efeitos são significativos, podemos encontrar respostas erradas por algumas ordens de grandeza se os ignoramos. Como podemos dizer se é válido ignorar efeitos de resistência do ar? Uma maneira é dar-se conta de que a resistência do ar aumenta com o aumento da rapidez. Assim, enquanto um objeto cai e sua rapidez *aumenta*, sua aceleração para baixo *diminui*. Nessas circunstâncias, a rapidez do objeto se aproximará, no limite, de um valor que chamamos de sua *rapidez terminal*. Esta rapidez terminal depende de coisas tais como a massa e a área de seção reta do corpo. Ao atingir sua rapidez terminal, sua aceleração é zero. Para um pára-quedista “típico” caindo no ar, uma rapidez terminal típica é de aproximadamente 50 m/s (~120 mph). Com a metade de sua rapidez terminal, a aceleração do pára-quedista será aproximadamente $\frac{1}{4}g$. Tomemos metade da rapidez terminal como um “limite superior” razoável, acima do qual não mais podemos utilizar nossas fórmulas para queda livre com aceleração constante. Supondo que o pára-quedista partiu do repouso, (a) estime a altura e o tempo de queda do pára-quedista até que não mais possamos desprezar a resistência do ar. (b) Repita a análise para uma bola de pingue-pongue, que tem uma rapidez terminal de aproximadamente 5,0 m/s. (c) O que você pode concluir comparando suas respostas das Partes (a) e (b)?

39 • **APLICAÇÃO BIOLÓGICA** Em 14 de junho de 2005, o jamaicano Asafa Powell bateu um recorde mundial correndo 100 m no tempo

$t = 9,77$ s. Supondo que ele atingiu sua rapidez máxima em 3,00 s e depois manteve essa rapidez até o final, estime sua aceleração durante os primeiros 3,00 s.

40 • A fotografia da Figura 2-38 é uma exposição de tempo curto (1/30 s) de um malabarista com duas bolas de tênis no ar. (a) A bola de tênis mais ao alto está menos desfocada que a de baixo. O que isto significa? (b) Estime a rapidez da bola que ele acaba de lançar de sua mão direita. (c) Determine a altura que a bola deve atingir acima do ponto de lançamento e compare-a com uma estimativa a partir da figura. Dica: Você tem uma escala de distâncias, se adotar um valor razoável para a altura do malabarista.

FIGURA 2-38 Problema 40
(Cortesia de Chuck Adler.)

41 • Uma regra de ouro que permite calcular a distância entre você e o ponto de queda de um raio é começar a contar os segundos que transcorrem (“uma contagem, duas contagens,...”) até você ouvir o trovão (som emitido pelo relâmpago ao atingir rapidamente o ar à sua volta). Supondo que a rapidez do som vale aproximadamente 750 mi/h, (a) estime a distância até o ponto de queda do raio, se você contou uns 5 s até ouvir o trovão. (b) Estime a incerteza na distância ao raio determinada na Parte (a). Explique bem suas premissas e seu raciocínio. Dica: A rapidez do som depende da temperatura do ar, e sua contagem está longe de ser exata!

RAPIDEZ, DESLOCAMENTO E VELOCIDADE

42 • **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA** (a) Um elétron em um tubo de televisão viaja a distância de 16 cm da grade para a tela com uma rapidez média de $4,0 \times 10^7$ m/s. Quanto tempo dura a viagem? (b) Um elétron em um fio elétrico viaja com uma rapidez média de $4,0 \times 10^{-5}$ m/s. Quanto tempo leva para ele viajar 16 cm?

43 • Um corredor corre 2,5 km, em linha reta, em 9,0 min, e depois passa 30 min caminhando de volta ao ponto de largada. (a) Qual é a velocidade média do corredor nos primeiros 9,0 min? (b) Qual é a velocidade média no tempo em que ele caminhou? (c) Qual é a velocidade média para a viagem completa? (d) Qual é a rapidez média para a viagem completa?

44 • Um automóvel viaja em linha reta com uma velocidade média de 80 km/h durante 2,5 h e, depois, com uma velocidade média de 40 km/h durante 1,5 h. (a) Qual é o deslocamento total para a viagem de 4,0 h? (b) Qual é a velocidade média para toda a viagem?

45 • Uma rota muito utilizada através do Oceano Atlântico é de aproximadamente 5500 km. O agora aposentado Concorde, um jato supersônico capaz de voar com o dobro da velocidade do som, foi usado nessa rota. (a) Quanto tempo, aproximadamente, ele levava em uma viagem de ida? (Use 343 m/s para a rapidez do som.) (b) Compare este tempo com o tempo que leva um jato subsônico voando a 0,90 vez a rapidez do som.

46 • A rapidez da luz, denotada pelo universalmente reconhecido símbolo c , tem um valor, até dois algarismos significativos, de $3,0 \times 10^8$ m/s. (a) Quanto tempo leva para a luz viajar do Sol até a Terra, uma distância de $1,5 \times 10^{11}$ m? (b) Quanto tempo leva para a luz viajar da Lua até a Terra, uma distância de $3,8 \times 10^8$ m?

47 • A Próxima de Centauro, a estrela mais próxima de nós além de nosso próprio Sol, está a $4,1 \times 10^{13}$ km da Terra. De Zong, um planeta que orbita esta estrela, Gregório faz um pedido para a Pizzaria do Antônio, no Rio de Janeiro, comunicando-se com sinais de luz. O entregador mais rápido da Pizzaria do Antônio viaja a $1,00 \times 10^{-4} c$ (veja o Problema 46). (a) Em quanto tempo o pedido do Gregório chega à Pizzaria do Antônio? (b) Quanto tempo o Gregório deve esperar, a partir do momento em que enviou o sinal, para receber sua pizza? Se a Pizzaria do Antônio adotou a promoção "Sua pizza em 1000 anos ou sua pizza de graça", o Gregório terá que pagar pela pizza?

48 • Um automóvel, em uma viagem de 100 km, faz 40 km/h durante os primeiros 50 km. Qual deverá ser sua rapidez durante os segundos 50 km para fazer a média de 50 km/h?

49 • **RICO EM CONTEXTO** Em jogos de hóquei no gelo, o time que estivesse perdendo podia trazer seu goleiro para o ataque para aumentar suas chances de marcar ponto. Nesses casos, o goleiro do outro time tinha a oportunidade de tentar atingir a meta adversária, a uma distância de 55,0 m. Suponha que você é o goleiro de seu time e está nesta situação. Você faz um lançamento (na esperança de fazer o primeiro gol de sua carreira) sobre o gelo liso. Mas logo você ouve um despontador "clang" revelando o choque do disco contra a trave (não entrou!) exatamente 2,50 s após. Neste caso, quão rápido viajou o disco? Você deve usar 343 m/s para a rapidez do som.

50 • O cosmonauta Andrei, seu colaborador na Estação Espacial Internacional, atira-lhe uma banana com um rapidez de 15 m/s. Exatamente no mesmo instante, você joga uma bola de sorvete para Andrei ao longo do mesmo caminho. A colisão entre a banana e o sorvete produz um *banana split* a 7,2 m de sua posição, 1,2 s após a banana e o sorvete terem sido lançados. (a) Com que rapidez você atirou o sorvete? (b) A que distância você estava de Andrei ao atirar o sorvete? (Despreze quaisquer efeitos gravitacionais.)

51 • A Figura 2-39 mostra a posição de uma partícula como função do tempo. Encontre as velocidades médias para os intervalos a , b , c e d indicados na figura.

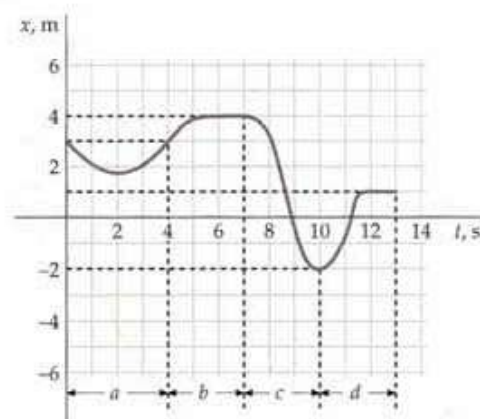


FIGURA 2-39
Problema 51

52 • **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA** Descobriu-se que, na média, as galáxias afastam-se da Terra com uma rapidez que é proporcional à distância delas à Terra. Esta descoberta é conhecida como lei de Hubble, lembrando seu descobridor, o astrofísico Sir Edwin Hubble. Ele descobriu que a rapidez de afastamento v de uma galáxia que dista r da Terra é dada por $v = Hr$, onde $H = 1,58 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}$ é a chamada constante de Hubble. Quais são os valores esperados para a rapidez de afastamento de galáxias distantes (a) $5,00 \times 10^{22}$ m da Terra e (b) $2,00 \times 10^{23}$ m da Terra? (c) Se as galáxias a cada uma destas distân-

cias tivessem viajado com esses valores esperados para a rapidez de afastamento, há quanto tempo elas teriam estado em nossa atual localização?

53 • O guepardo pode correr até a 113 km/h, o falcão pode voar até a 161 km/h e o marlim pode nadar até a 105 km/h. Os três participam, como uma equipe, de uma corrida de revezamento, cada um cobrindo uma distância L com sua rapidez máxima. Qual é a rapidez média deste time para todo o percurso? Compare esta média com a média aritmética dos três valores individuais de rapidez. Explique cuidadosamente por que a rapidez média do time não é igual à média aritmética dos três valores individuais de rapidez.

54 • Dois carros viajam ao longo de uma estrada reta. O carro A mantém uma rapidez constante de 80 km/h e o carro B mantém uma rapidez constante de 110 km/h. Em $t = 0$, o carro B está 45 km atrás do carro A. (a) Quanto mais viajará o carro A até ser ultrapassado pelo carro B? (b) Quanto à frente do carro A estará o carro B 30 s após tê-lo ultrapassado?

55 • **VÁRIOS PASSOS** Um carro, viajando com uma rapidez constante de 20 m/s, passa por um cruzamento no tempo $t = 0$. Um segundo carro, viajando com uma rapidez constante de 30 m/s no mesmo sentido, passa pelo mesmo cruzamento 5,0 s após. (a) Esboce as funções posição $x_1(t)$ e $x_2(t)$ para os dois carros para o intervalo $0 \leq t \leq 20$ s. (b) Determine quando o segundo carro ultrapassará o primeiro. (c) A que distância do cruzamento os carros estarão quando emparelharem? (d) Onde está o primeiro carro quando o segundo carro passa pelo cruzamento?

56 • **APLICAÇÃO BIOLÓGICA** Os morcegos se localizam pelo eco, na determinação da distância que os separa de objetos que não podem ver direito no escuro. O tempo entre a emissão de um pulso de som de alta frequência (um clique) e a detecção de seu eco é usado para determinar tais distâncias. Um morcego, voando com uma rapidez constante de 19,5 m/s em linha reta ao encontro da parede vertical de uma caverna, produz um único clique e ouve o eco 0,15 s após. Supondo que ele continuou voando com a rapidez original, a que distância estava da parede ao receber o eco? Suponha a rapidez do som como 343 m/s.

57 • **APLICAÇÃO EM ENGENHARIA** Um submarino pode usar o sonar (som se propagando na água) para determinar sua distância a outros objetos. O tempo entre a emissão de um pulso sonoro (um "ping") e a detecção de seu eco pode ser usado para determinar tais distâncias. Alternativamente, medindo o tempo entre recepções sucessivas de eco de um conjunto de pings uniformemente afastados no tempo, a rapidez do submarino pode ser determinada comparando-se o tempo entre os ecos com o tempo entre os pings. Suponha que você seja o operador do sonar em um submarino que viaja, debaixo d'água, com velocidade constante. Sua embarcação está na região oriental do Mar Mediterrâneo, onde sabe-se que a rapidez do som vale 1522 m/s. Se você emite pings a cada 2,00 s e seu aparelho recebe ecos refletidos de uma montanha submarina a cada 1,98 s, com que rapidez seu submarino está viajando?

ACELERAÇÃO

58 • Um carro esportivo acelera em terceira marcha de 48,3 km/h (cerca de 30 mi/h) até 80,5 km/h (cerca de 50 mi/h) em 3,70 s. (a) Qual é a aceleração média deste carro em m/s^2 ? (b) Se o carro mantivesse esta aceleração, com que rapidez ele estaria se deslocando um segundo mais tarde?

59 • Um objeto se desloca ao longo do eixo x . Em $t = 5,0$ s o objeto está em $x = +3,0$ m e tem uma velocidade de $+5,0$ m/s. Em $t = 8,0$ s ele está em $x = +9,0$ m e sua velocidade é $-1,0$ m/s. Encontre sua aceleração média durante o intervalo de tempo $5,0 \text{ s} < t < 8,0 \text{ s}$.

60 • Uma partícula se move ao longo do eixo x com a velocidade $v_x = (8,0 \text{ m/s}^2)t - 7,0 \text{ m/s}$. (a) Encontre a aceleração média para dois diferentes intervalos de um segundo, um começando em $t = 3,0$ s e o outro começando em $t = 4,0$ s. (b) Esboce v_x versus t para

o intervalo $0 < t < 10$ s. (c) Compare as acelerações instantâneas no meio de cada um dos dois intervalos de tempo especificados na Parte (a) com as acelerações médias encontradas na Parte (a) e comente.

61 •• VÁRIOS PASSOS A posição de uma certa partícula depende do tempo de acordo com a equação $x(t) = t^3 - 5,0t + 1,0$, onde x está em metros e t está em segundos. (a) Encontre o deslocamento e a velocidade média para o intervalo $3,0 \text{ s} \leq t \leq 4,0$ s. (b) Encontre a fórmula geral para o deslocamento no intervalo de tempo de t a $t + \Delta t$. (c) Use o processo limite para obter a velocidade instantânea em qualquer tempo t .

62 •• A posição de um objeto como função do tempo é dada por $x = At^2 - Bt + C$, onde $A = 8,0 \text{ m/s}^2$, $B = 6,0 \text{ m/s}$ e $C = 4,0 \text{ m}$. Encontre a velocidade e a aceleração instantâneas como funções do tempo.

63 ••• O movimento unidimensional de uma partícula está plotado na Figura 2-40. (a) Qual é a aceleração média em cada um dos intervalos AB, BC e CE? (b) A que distância a partícula está de seu ponto de partida após 10 s? (c) Esboce o deslocamento da partícula como função do tempo; assinale os instantes A, B, C, D e E em seu gráfico. (d) Quando é que a partícula está se deslocando o mais vagarosamente?

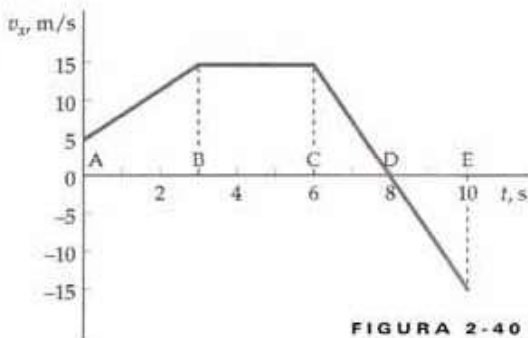


FIGURA 2-40 Problema 63

ACELERAÇÃO CONSTANTE E QUEDA LIVRE

64 • Um objeto projetado verticalmente para cima, com rapidez inicial v_0 , atinge uma altura máxima h acima de seu ponto de lançamento. Outro objeto, projetado para cima com rapidez inicial $2v_0$ da mesma altura, atingirá uma altura máxima de (a) $4h$, (b) $3h$, (c) $2h$, (d) h . (A resistência do ar é desprezível.)

65 • Um carro, viajando ao longo do eixo x , parte do repouso em $x = 50 \text{ m}$ e acelera à taxa constante de $8,0 \text{ m/s}^2$. (a) Qual é sua rapidez após 10 s? (b) Qual é a distância percorrida em 10 s? (c) Qual é sua velocidade média para o intervalo $0 \leq t \leq 10$ s?

66 • Um objeto que se desloca ao longo do eixo x com a velocidade inicial de $+5,0 \text{ m/s}$ tem uma aceleração constante de $+2,0 \text{ m/s}^2$. Quando sua rapidez for 15 m/s , que distância ele terá percorrido?

67 • Um objeto que se desloca ao longo do eixo x com aceleração constante tem uma velocidade de $+10 \text{ m/s}$ quando está em $x = 6,0 \text{ m}$ e de $+15 \text{ m/s}$ quando está em $x = 10,0 \text{ m}$. Qual é sua aceleração?

68 • A rapidez de um objeto que se move ao longo do eixo x aumenta à taxa constante de $+4,0 \text{ m/s}$ a cada segundo. Em $t = 0,0 \text{ s}$, sua velocidade é $+1,0 \text{ m/s}$ e sua posição é $+7,0 \text{ m}$. Quanto rápido ele estará se movendo quando sua posição for $+8,0 \text{ m}$, e quanto tempo terá transcorrido desde a partida em $t = 0,0 \text{ s}$?

69 •• Uma bola é lançada verticalmente para cima do nível do chão, com uma rapidez inicial de 20 m/s . (A resistência do ar é des-

prezível.) (a) Quanto tempo a bola fica no ar? (b) Qual a altura máxima atingida pela bola? (c) Quantos segundos, após o lançamento, a bola estará 15 m acima do ponto de largada?

70 •• No desmoronamento ocorrido em Blackhawk, na Califórnia, uma massa de rocha e lama caiu 460 m montanha abaixo e depois se deslocou $8,00 \text{ km}$ em uma superfície plana. Segundo uma teoria, a rocha e a lama se deslocaram sobre um colchão de vapor d'água. Suponha que a massa caiu com a aceleração de queda livre e que depois deslizou horizontalmente, perdendo rapidez a uma taxa constante. (a) Quanto tempo a lama levou para cair os 460 m ? (b) Com que rapidez ela chegou embaixo? (c) Quanto tempo a lama levou para percorrer os $8,00 \text{ km}$ na horizontal?

71 •• Uma carga de tijolos é levantada por um guindaste à velocidade constante de $5,0 \text{ m/s}$ quando um tijolo cai $6,00 \text{ m}$ acima do solo. (a) Esboce a posição do tijolo $y(t)$ versus o tempo, do momento em que ele abandona a plataforma até atingir o solo. (b) Qual é a altura máxima que o tijolo atinge acima do solo? (c) Quanto tempo ele leva para chegar ao solo? (d) Qual sua rapidez justo antes de atingir o solo?

72 •• Um parafuso se desprende da base de um elevador que está subindo com uma velocidade constante de $6,0 \text{ m/s}$. O parafuso atinge o fundo do poço do elevador em $3,0 \text{ s}$. (a) A que altura do fundo do poço estava o elevador quando o parafuso se despreendeu? (b) Qual é a rapidez do parafuso quando atinge o fundo do poço?

73 •• Um objeto é largado do repouso de uma altura de 120 m . Encontre a distância percorrida durante seu último segundo no ar.

74 •• Um objeto é largado do repouso de uma altura h . Durante o último segundo de queda ele percorre uma distância de 38 m . Determine h .

75 •• Uma pedra é atirada verticalmente, para baixo, do topo de um penhasco de 200 m . Durante o último meio segundo de seu voo, a pedra percorre uma distância de 45 m . Encontre a rapidez inicial da pedra.

76 •• Um objeto é largado do repouso de uma altura h . Ele percorre $0,4h$ durante o primeiro segundo de sua descida. Determine a velocidade média do objeto durante toda sua descida.

77 •• Um ônibus acelera a $1,5 \text{ m/s}^2$, a partir do repouso, durante 12 s . Depois, ele viaja com velocidade constante por 25 s após o que ele freia até parar, com uma aceleração de $1,5 \text{ m/s}^2$ de magnitude. (a) Qual é a distância total percorrida pelo ônibus? (b) Qual é sua velocidade média?

78 •• Alexandre e Roberto estão correndo lado a lado, em uma trilha no parque, com uma rapidez de $0,75 \text{ m/s}$. Subitamente, Alexandre vê o fim da trilha, 35 m adiante, e decide apressar-se para alcançá-la. Ele acelera à taxa constante de $0,50 \text{ m/s}^2$, enquanto Roberto continua com a rapidez constante. (a) Quanto tempo leva Alexandre para atingir o fim da trilha? (b) Assim que chega ao fim da trilha, ele se vira e passa, imediatamente, a percorrê-la no sentido oposto, com uma rapidez constante de $0,85 \text{ m/s}$. Quanto tempo ele leva para encontrar Roberto? (c) A que distância do fim da trilha os dois estão quando se encontram?

79 •• Você projetou um foguete para coletar amostras de ar poluído. Ele é disparado verticalmente com uma aceleração constante, para cima, de 20 m/s^2 . Depois de 25 s , o motor é descartado e o foguete continua subindo (em queda livre) por um tempo. (A resistência do ar é desprezível.) Finalmente, o foguete pára de subir e passa a cair de volta para o solo. Você deseja coletar uma amostra de ar que está 20 km acima do solo. (a) Você conseguiu atingir a altura desejada? Caso negativo, o que você deverá modificar para o foguete atingir os 20 km ? (b) Determine o tempo total de voo do foguete. (c) Encontre a rapidez do foguete justo antes de atingir o solo.

80 •• Um vaso de flores cai do parapeito de um apartamento. Uma pessoa, em um apartamento abaixo, coincidentemente de pos-

se de um sistema de cronometragem ultra-rápido e preciso, percebe que o vaso leva 0,20 s para cair os 4,0 m de altura da sua janela. A que altura, acima do topo da janela, está o parapeito de onde caiu o vaso? (Despreze efeitos devidos à resistência do ar.)

81 •• Em uma demonstração em aula, um deslizador se move ao longo de um trilho inclinado, com aceleração constante. Ele é projetado da parte mais baixa do trilho, com uma velocidade inicial. Após 8,00 s, ele está a 100 cm da parte mais baixa e movendo-se ao longo do trilho com uma velocidade de -15 cm/s. Encontre a velocidade inicial e a aceleração.

82 •• Uma pedra, largada de um penhasco, cobre um terço da distância total ao solo no último segundo de queda. A resistência do ar é desprezível. Qual é a altura do penhasco?

83 •• Um automóvel comum, em uma freada brusca, perde rapidez a uma taxa de cerca de $7,0$ m/s²; o tempo de reação típico para acionar os freios é 0,50 s. Um comitê da escola local estabelece o limite de rapidez na zona escolar de forma a que todos os carros devam ser capazes de parar em 4,0 m. (a) Isto implica qual rapidez máxima para um automóvel nessa zona? (b) Que fração dos 4,0 m é devida ao tempo de reação?

84 •• Dois trens viajam em sentidos opostos, em trilhos paralelos. Eles estão inicialmente em repouso e suas frentes estão distantes 40 m. O trem à esquerda acelera para a direita a $1,0$ m/s². O trem à direita acelera para a esquerda a $1,3$ m/s². (a) Qual a distância percorrida pelo trem da esquerda até que as frentes dos trens se cruzem? (b) Se cada trem tem um comprimento de 150 m, quanto tempo após a largada eles terão completamente ultrapassado um ao outro, supondo constantes suas acelerações?

85 •• Duas pedras são largadas da beira de um precipício de 60 m, a segunda pedra 1,6 s após a primeira. A que distância abaixo do topo do precipício está a segunda pedra quando a separação entre as duas pedras é de 36 m?

86 •• Uma patrulheira escondida em um cruzamento observa um carro dirigido por um motorista irresponsável, que ignora um sinal de parada obrigatória e atravessa o cruzamento com uma rapidez constante. A policial parte com sua moto em perseguição 2,0 s após o carro ter passado pelo sinal de parada. Ela acelera a $4,2$ m/s² até chegar a 110 km/h, e então continua com esta rapidez até alcançar o carro. Neste instante, o carro está a 1,4 km do cruzamento. (a) Quanto tempo a patrulheira levou para alcançar o carro? (b) Qual era a rapidez do carro?

87 •• Em $t = 0$, uma pedra é largada do topo de um penhasco, acima de um lago. Outra pedra é atirada para baixo, 1,6 s após, do mesmo ponto e com uma rapidez inicial de 32 m/s. As duas pedras atingem a água no mesmo instante. Encontre a altura do penhasco.

88 •• Um trem de passageiros está viajando a 29 m/s quando o maquinista vê um trem de carga, 360 m adiante, viajando no mesmo sentido e sobre os mesmos trilhos. O trem de carga está se deslocando a 6,0 m/s. (a) Se o tempo de reação do maquinista é 0,40 s, qual é a taxa mínima (constante) com a qual o trem de passageiros deve frear para evitar uma colisão? (b) Se o tempo de reação do maquinista é 0,80 s e o trem é freado com a taxa mínima descrita na Parte (a), qual a rapidez com que o trem de passageiros se aproxima do trem de carga quando os dois colidem? (c) Para os dois tempos de reação, quanto terá viajado o trem de passageiros no tempo entre a vista do trem de carga e a colisão?

89 •• **APLICAÇÃO BIOLÓGICA** A barata de estalo pode se projetar verticalmente com uma aceleração de cerca de 400g (uma ordem de grandeza maior que a suportável pelos humanos!). Ela salta “desdobrando” suas pernas de 0,60 cm de comprimento. (a) A que altura pode saltar a barata de estalo? (b) Quanto tempo ela fica no ar? (Suponha aceleração constante quando em contato com o solo e despreze a resistência do ar.)

90 •• Um automóvel acelera a partir do repouso a $2,0$ m/s² por 20 s. A rapidez é, então, mantida constante por 20 s e, após, ele tem uma aceleração de $-3,0$ m/s² até parar. Qual a distância total percorrida?

91 •• Antes do advento da aquisição de dados por computador, medidas típicas em experiências de movimento de queda livre de uma partícula (despreze a resistência do ar) empregavam uma fita encerada colocada verticalmente junto ao caminho de um objeto eletricamente condutor em queda. Um gerador de centelhas produzia um arco entre dois fios verticais ligados ao objeto em queda e à fita, assim produzindo uma marca na fita em intervalos fixos de tempo Δt . Mostre que a variação de altura durante sucessivos intervalos de tempo para um objeto em queda a partir do repouso segue a *Regra de Galileu dos Números Ímpares*: $\Delta y_{21} = 3\Delta y_{10}$, $\Delta y_{32} = 5\Delta y_{10}$, ..., onde Δy_{10} é a variação de y durante o primeiro intervalo de duração Δt , Δy_{21} é a variação de y durante o segundo intervalo de duração Δt etc.

92 •• Partindo do repouso, uma partícula viaja ao longo do eixo x com uma aceleração constante de $+3,0$ m/s². Transcorridos 4,0 s após a partida, ela está em $x = -100$ m. Transcorridos mais 6,0 s, ela tem uma velocidade de $+15$ m/s. Encontre sua posição neste momento.

93 •• Se fosse possível uma nave espacial manter uma aceleração constante indefinidamente, viagens aos planetas do sistema solar poderiam ser realizadas em dias ou semanas, enquanto viagens para estrelas mais próximas levariam apenas alguns anos. (a) Usando dados das tabelas no final deste livro, encontre o tempo que levaria uma viagem de ida da Terra a Marte (quando Marte estivesse mais próximo da Terra). Faça a suposição de que a nave parte do repouso, viaja em linha reta, acelera a metade do caminho com g e desacelera com g no resto da viagem. (b) Repita o cálculo para uma viagem de $4,1 \times 10^{13}$ km para Próxima de Centauro, nosso vizinho estelar mais próximo, além do Sol. (Veja o Problema 47.)

94 •• A Torre da Estratosfera, em Las Vegas, tem a altura de 1137 ft. Um elevador rápido leva 1 min e 20 s para subir do térreo ao topo do prédio. O elevador inicia e termina em repouso. Suponha que ele mantenha uma aceleração constante para cima até atingir a rapidez máxima, e depois mantém uma aceleração constante de igual magnitude até parar. Encontre a magnitude da aceleração do elevador. Expresse esta magnitude de aceleração como um múltiplo de g (a aceleração devida à gravidade).

95 •• Um trem parte de uma estação com uma aceleração constante de $0,40$ m/s². Uma passageira chega a um ponto junto ao trilho 6,0 s após o final do trem ter passado pelo mesmo ponto. Qual é a menor rapidez constante com que ela deve correr para ainda alcançar o trem? Em um único gráfico, plote as curvas posição *versus* tempo para o trem e a passageira.

96 •• A bola A é largada do topo de um prédio de altura h no mesmo instante em que a bola B é atirada verticalmente, para cima, a partir do chão. Quando as bolas colidem, elas estão se deslocando em sentidos opostos e a rapidez de A é o dobro da rapidez de B. A que altura ocorre a colisão?

97 •• Resolva o Problema 96 se a colisão ocorre quando as bolas se deslocam no mesmo sentido e a rapidez de A é 4 vezes a de B.

98 •• Partindo de uma estação, um trem de metrô acelera a partir do repouso à taxa constante de $1,00$ m/s² na metade do percurso até a estação seguinte, e depois freia à mesma taxa no resto do percurso. A distância total entre as estações é 900 m. (a) Esboce um gráfico da velocidade v_x como função do tempo para toda a viagem. (b) Esboce um gráfico da posição como função do tempo para toda a viagem. Coloque valores numéricos apropriados nos dois eixos.

99 •• Um corredor, viajando com a rapidez constante de 125 km/h, passa por um cartaz. Um carro-patrolha parte do repouso, com aceleração constante de $(80 \text{ km/h})/s$ até atingir sua rapidez máxima de 190 km/h, que é mantida até alcançar o corredor. (a) Quanto tempo leva o carro-patrolha para alcançar o corredor se ele arranca exatamente quando o corredor passa? (b) Qual a distância percorrida por cada carro? (c) Esboce $x(t)$ para cada carro.

100 •• Quando o carro-patrolha do Problema 99 (viajando a

190 km/h) está 100 m atrás do corredor (viajando a 125 km/h), o corredor vê o carro da polícia e pisa com força no freio, bloqueando as rodas. (a) Supondo que cada carro pode frear a $6,0 \text{ m/s}^2$ e que a motorista do carro da polícia freia imediatamente ao ver as luzes de freio do corredor (tempo de reação = 0,0 s), mostre que os carros colidem. (b) Quanto tempo, depois de o corredor aplicar os freios, os dois carros colidem? (c) Discuta como o tempo de reação afetaria este problema.

101 ••• Luizinho Pé-de-chumbo participa de uma competição automobilística estilo "parado na largada e na chegada", na qual cada carro inicia e termina a prova parado, cobrindo uma distância fixa L no menor tempo possível. A intenção é a de demonstrar habilidades de direção e determinar qual carro é o melhor na combinação total de acelerar e desacelerar. A pista é projetada para que os carros nunca atinjam sua rapidez máxima. (a) Se o carro de Luizinho mantém uma aceleração (magnitude) de a enquanto aumenta a rapidez, e mantém uma desaceleração (magnitude) de $2a$ durante a freagem, em qual fração de L Luizinho deve levar seu pé do acelerador para o freio? (b) Que fração do tempo total do percurso terá transcorrido até este ponto? (c) Qual a maior rapidez atingida pelo carro de Luizinho? (d) Despreze o tempo de reação de Luizinho e responda em termos de a e de L .

102 ••• Uma professora de física, equipada com um foguete-mochila, abandona um helicóptero a uma altitude de 575 m com velocidade inicial zero. (Despreze a resistência do ar.) Durante 8,0 s ela cai livremente e então aciona seus foguetes e retarda a queda a 15 m/s^2 até que a taxa de queda atinja 5,0 m/s. Neste ponto, ela ajusta seus controles para manter essa taxa de descida até atingir o solo. (a) Em um único gráfico, esboce sua aceleração e velocidade como funções do tempo. (Tome o sentido para cima como positivo.) (b) Qual é sua rapidez ao final dos primeiros 8,0 s? (c) Qual é a duração do período durante o qual ela retarda a descida? (d) Qual é a distância percorrida enquanto ela retarda a descida? (e) Qual é o tempo total de viagem entre o helicóptero e o chão? (f) Qual é sua velocidade média para todo o percurso?

INTEGRAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE MOVIMENTO

103 • A velocidade de uma partícula é dada por $v_x(t) = (6,0 \text{ m/s}^2)t + (3,0 \text{ m/s})$. (a) Esboce v_x versus t e encontre a área sob a curva para o intervalo de $t = 0$ a $t = 5,0 \text{ s}$. (b) Encontre a função posição $x(t)$. Use-a para calcular o deslocamento durante o intervalo de $t = 0$ a $t = 5,0 \text{ s}$.

104 • A Figura 2-41 mostra a velocidade de uma partícula versus o tempo. (a) Qual é a magnitude, em metros, representada pela área da caixa sombreada? (b) Estime o deslocamento da partícula para dois intervalos de 1 segundo, um começando em $t = 1,0 \text{ s}$ e o outro começando em $t = 2,0 \text{ s}$. (c) Estime a velocidade média para o intervalo $1,0 \text{ s} \leq t \leq 3,0 \text{ s}$. (d) A equação da curva é $v_x = (0,50 \text{ m/s}^2)t^2$. Encontre, integrando, o deslocamento da partícula para o intervalo $1,0 \text{ s} \leq t \leq 3,0 \text{ s}$ e compare esta resposta com sua resposta para a Parte (b). Neste caso, velocidade média é igual à média das velocidades inicial e final?

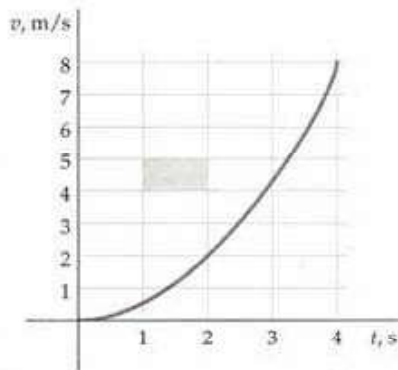


FIGURA 2-41 Problema 104

105 •• A velocidade de uma partícula é dada por $v_x(t) = (7,0 \text{ m/s}^2)t^2 - 5,0 \text{ m/s}$. Se a partícula está na origem em $t_0 = 0$, encontre a função posição $x(t)$.

106 •• Considere o gráfico de velocidade da Figura 2-42. Se $x = 0$ em $t = 0$, escreva expressões algébricas corretas para $x(t)$, $v_x(t)$ e $a_x(t)$, com os valores numéricos apropriados de todas as constantes.

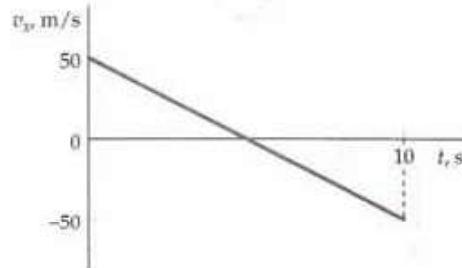


FIGURA 2-42 Problema 106

107 ••• A Figura 2-43 mostra a aceleração de uma partícula versus o tempo. (a) Qual é a magnitude, em m/s , da área da caixa sombreada? (b) A partícula parte do repouso em $t = 0$. Estime a velocidade em $t = 1,0 \text{ s}$, $2,0 \text{ s}$ e $3,0 \text{ s}$, contando as caixas sob a curva. (c) Esboce a curva v_x versus t com seus resultados da Parte (b); depois, estime a distância percorrida pela partícula no intervalo de $t = 0$ a $t = 3,0 \text{ s}$.

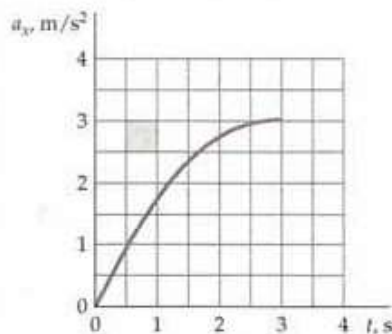


FIGURA 2-43 Problema 107

108 ••• A Figura 2-44 é o gráfico v_x versus t para uma partícula se deslocando em linha reta. A posição da partícula em $t = 0$ é $x_0 = 5,0 \text{ m}$. (a) Encontre x para vários tempos t contando caixas e esboce x como função de t . (b) Esboce o gráfico da aceleração a_x como função do tempo. (c) Determine o deslocamento da partícula entre $t = 3,0 \text{ s}$ e $7,0 \text{ s}$.

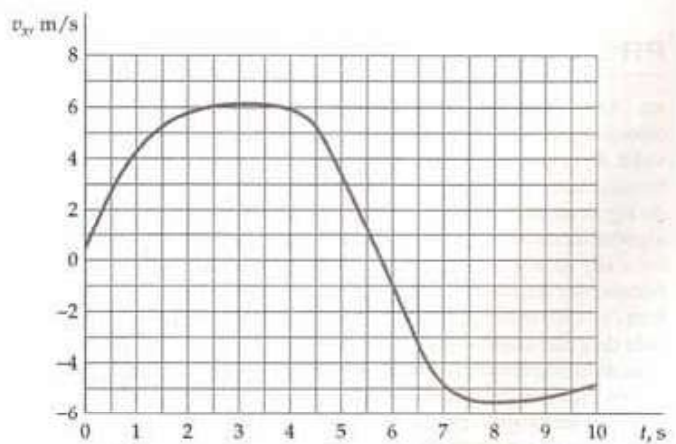


FIGURA 2-44 Problema 108

109 ••• CONCEITUAL A Figura 2-45 mostra um gráfico x versus t para um objeto que se desloca em linha reta. Para este movimento, esboce gráficos (usando o mesmo eixo t) para (a) v_x como função de t e (b) a_x como função de t . (c) Use seus esboços para comparar qualitativamente o(s) tempo(s) em que o objeto está o mais afastado da origem com o(s) tempo(s) em que sua rapidez é máxima. Explique por que os tempos *não* são os mesmos. (d) Use seus esboços para comparar qualitativamente o(s) tempo(s) em que o objeto está se movendo mais rapidamente com o(s) tempo(s) em que sua aceleração é máxima. Explique por que os tempos *não* são os mesmos.

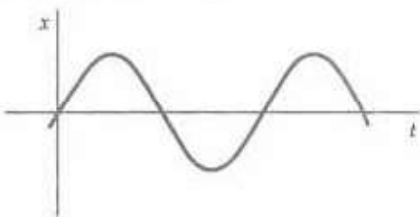


FIGURA 2-45 Problema 109

110 ••• VÁRIOS PASSOS A aceleração de certo foguete é dada por $a_x = bt$, onde b é uma constante positiva. (a) Encontre a função posição $x(t)$ com $x = x_0$ e $v_x = v_{0x}$ em $t = 0$. (b) Encontre a posição e a velocidade em $t = 5,0$ s com $x_0 = 0$, $v_{0x} = 0$ e $b = 3 \text{ m/s}^3$. (c) Calcule a velocidade média do foguete entre $t = 4,5$ s e $5,5$ s. Compare esta velocidade média com a velocidade instantânea em $t = 5,0$ s.

111 ••• No intervalo de tempo de $0,0$ s a $10,0$ s, a aceleração de uma partícula viajando em linha reta é dada por $a_x = (0,20 \text{ m/s}^3)t$. Tome a orientação $+x$ para a direita. A partícula tem, inicialmente, uma velocidade para a direita de $9,5 \text{ m/s}$ e está localizada $5,0 \text{ m}$ à esquerda da origem. (a) Determine a velocidade como função do tempo durante o intervalo; (b) determine a posição como função do tempo durante o intervalo; (c) determine a velocidade média entre $t = 0,0$ s e $10,0$ s e compare-a com a média das velocidades instantâneas nos pontos inicial e final. Estas duas médias são iguais? Explique.

112 ••• Considere o movimento de uma partícula que experimenta uma aceleração variável dada por $a_x = a_{0x} + bt$, onde a_{0x} e b são constantes e $x = x_0$ e $v_x = v_{0x}$ em $t = 0$. (a) Encontre a velocidade instantânea como função do tempo. (b) Encontre a posição como função do tempo. (c) Encontre a velocidade média para o intervalo de tempo que inicia no tempo zero e termina no tempo arbitrário t . (d) Compare a média das velocidades inicial e final com sua resposta da Parte (c). Estas duas médias são iguais? Explique.

PROBLEMAS GERAIS

113 ••• RICO EM CONTEXTO Você é um estudante em uma aula de ciências que está utilizando o seguinte aparato para determinar o valor de g . Dois fotossensores são usados. (Nota: Você já deve estar familiarizado com fotossensores no dia-a-dia. Você os vê nas portas de algumas lojas. Eles são projetados para acionar um sinal quando alguém interrompe um feixe ao passar pela porta.) Um fotossensor é colocado na borda de uma mesa, $1,00 \text{ m}$ acima do chão, e o segundo fotossensor é colocado diretamente abaixo do primeiro, em uma altura de $0,500 \text{ m}$ acima do chão. Você é instruído a deixar largar uma bola de gude através desses sensores, abandonando-a do repouso de uma distância desprezível acima do sensor superior. Este sensor aciona um cronômetro quando a bola atravessa o seu feixe. O segundo sensor interrompe o cronômetro quando a bola atravessa o seu feixe. (a) Prove que a magnitude experimental da aceleração de queda livre é dada por $g_{\text{exp}} = (2\Delta y)/(\Delta t)^2$, onde Δy é a distância vertical entre os

sensores e Δt é o tempo de queda. (b) Em sua montagem, que valor de Δt você esperaria medir, supondo g_{exp} com o valor-padrão ($9,81 \text{ m/s}^2$)? (c) Durante o experimento, um pequeno erro é feito. Em vez de colocar o primeiro sensor emparelhado com o tampo da mesa, a sua companheira de laboratório, não muito cuidadosa, o coloca $0,50 \text{ cm}$ abaixo do tampo da mesa. No entanto ela coloca, apropriadamente, o segundo sensor em uma altura de $0,50 \text{ m}$ acima do chão. Mas ela abandona a bola de gude da mesma altura de onde ela foi abandonada quando o sensor estava $1,00 \text{ m}$ acima do chão. Qual o valor de g_{exp} que você e sua colega determinarão? Que diferença percentual isto representa em relação ao valor-padrão de g ?

114 ••• VÁRIOS PASSOS A posição de um corpo oscilando em uma mola é dada por $x = A \sin(\omega t)$, onde A e ω (letra grega ômega, minúscula) são constantes, $A = 5,0 \text{ cm}$ e $\omega = 0,175 \text{ s}^{-1}$. (a) Plote x como função de t para $0 \leq t \leq 36 \text{ s}$. (b) Meça a inclinação de seu gráfico em $t = 0$ para encontrar a velocidade neste tempo. (c) Calcule a velocidade para uma série de intervalos, iniciando em $t = 0$ e terminando em $t = 6,0; 3,0; 2,0; 1,0; 0,50$ e $0,25 \text{ s}$. (d) Calcule dx/dt para encontrar a velocidade no tempo $t = 0$. (e) Compare seus resultados das Partes (c) e (d) e explique por que seus resultados da Parte (c) tendem ao seu resultado da Parte (d).

115 ••• CONCEITUAL Considere um objeto que está preso a um pistão horizontal que oscila. O objeto se move com uma velocidade dada por $v = B \sin(\omega t)$, onde B e ω (letra grega ômega, minúscula) são constantes e ω está em s^{-1} . (a) Explique por que B é igual à rapidez máxima v_{max} . (b) Determine a aceleração do objeto como função do tempo. A aceleração é constante? (c) Qual a aceleração máxima (magnitude) em termos de ω e v_{max} ? (d) Sabe-se que, em $t = 0$, a posição do objeto é x_0 . Determine a posição como função do tempo em termos de t , ω , x_0 e v_{max} .

116 ••• Suponha a aceleração de uma partícula dependendo da posição da forma $a_x(x) = (2,0 \text{ s}^{-2})x$. (a) Se a velocidade é zero quando $x = 1,0 \text{ m}$, qual é a rapidez quando $x = 3,0 \text{ m}$? (b) Quanto tempo leva para a partícula viajar de $x = 1,0 \text{ m}$ até $x = 3,0 \text{ m}$?

117 ••• Uma pedra está caindo dentro d'água, com uma aceleração continuamente decrescente. Suponha que a aceleração da pedra como função da velocidade tem a forma $a_y = g - bv_y$, onde b é uma constante positiva. (A orientação $+y$ é para cima.) (a) Quais são as unidades SI de b ? (b) Prove matematicamente que, se a pedra é largada do repouso no tempo $t = 0$, a aceleração dependerá exponencialmente do tempo de acordo com $a_y(t) = ge^{-bt}$. (c) Qual é a rapidez terminal da pedra em termos de g e b ? (Veja o Problema 38 para uma explicação do fenômeno *rapidez terminal*.)

118 ••• Uma pequena pedra caindo n'água (veja o Problema 117) experimenta uma aceleração exponencialmente decrescente dada por $a_y(t) = ge^{-bt}$, onde b é uma constante positiva que depende da forma e do tamanho da pedra e de propriedades físicas da água. Com base nisso, encontre expressões para a velocidade e a posição da pedra como funções do tempo. Faça a posição e velocidade iniciais ambos nulos e a orientação $+y$ apontando para baixo.

119 ••• PLANILHA ELETRÔNICA A aceleração de uma pára-quedista em salto é dada por $a_y = g - bv_y^2$, onde b é uma constante positiva que depende da área de seção reta da pára-quedista e da massa específica da atmosfera que ela está atravessando. A orientação $+y$ aponta para baixo. (a) Se a rapidez inicial da pára-quedista é zero ao abandonar um helicóptero, mostre que a rapidez, como função do tempo, é dada por $v_y(t) = v_t \tanh(t/T)$, onde v_t é a rapidez terminal (Veja o Problema 38) dada por $v_t = \sqrt{g/b}$ e $T = v_t/g$ é um parâmetro de escala de tempo. (b) Que fração da rapidez terminal representa a rapidez em $t = T$? (c) Use uma planilha eletrônica para plotar $v_y(t)$ como função do tempo usando uma rapidez terminal de 56 m/s (use este valor para calcular b e T). A curva resultante faz sentido?

120 ••• APROXIMAÇÃO Imagine que você está junto a um poço dos desejos, desejando saber qual a profundidade do poço. Feito o desejo, você tira uma moeda do bolso e a larga no poço. Exatamente três

segundos depois, você ouve o som da moeda atingindo a água. Se a rapidez do som é 343 m/s, qual a profundidade do poço? Despreze efeitos da resistência do ar.

121 ••• **RICO EM CONTEXTO** Você está dirigindo um carro, no limite permitido de 25 mi/h, quando vê o sinal luminoso, no cruzamento 65 m adiante, tornar-se amarelo. Você sabe que, neste cruzamento em particular, o sinal fica amarelo por exatamente 5,0 s antes de se tornar vermelho. Depois de pensar por 1,0 s, você acelera o carro a uma taxa constante. Você consegue atravessar completamente o cruzamento de 15,0 m com seu carro de 4,5 m de comprimento, justo quando o sinal se torna vermelho, evitando, assim, uma multa por estar cruzando no sinal vermelho. Imediatamente depois de passar pelo cruzamento, você tira o pé do acelerador, aliviado. No entanto,

mais adiante você é parado e recebe uma notificação de infração. Você supõe que foi multado pela rapidez de seu carro na saída do cruzamento. Determine esta rapidez e decida se você deve recorrer dessa multa. Explique.

122 ••• Para objetos celestes esféricos de raio R , a aceleração da gravidade g a uma distância x do centro do objeto é $g = g_0 R^2 / x^2$, onde g_0 é a aceleração da gravidade na superfície do objeto e $x > R$. Para a Lua, faça $g_0 = 1,63 \text{ m/s}^2$ e $R = 3200 \text{ km}$. Se uma pedra é largada do repouso de uma altura de $4R$ acima da superfície lunar, com que rapidez a pedra vai atingir a Lua? *Dica: A Aceleração é função da posição e cresce à medida que o objeto cai. Logo, não use as equações de queda livre com aceleração constante, mas recorra aos fundamentos.*