

Universidade do Algarve  
Faculdade de Ciências e Tecnologia

## Física I

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

### Série de problemas nº 3 Movimento retilíneo


Cap. 2 do Halliday & Resnick, 10ª Ed.

José Mariano  
Ano lectivo de 2024/2025

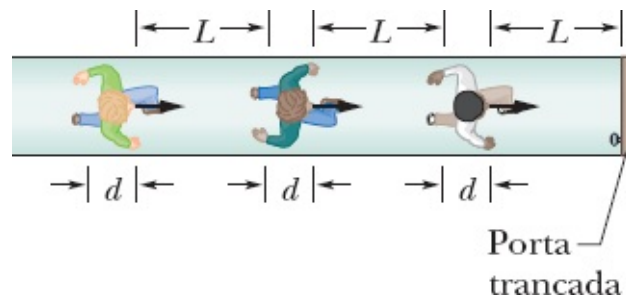
.- ... O número de pontos indica o grau de dificuldade do problema.

 Informações adicionais disponíveis em *O Circo Voador da Física* de Jearl Walker, LTC, Rio de Janeiro, 2008.

## Módulo 2-1 Posição, Deslocamento e Velocidade Média


- 1 Se você está dirigindo um carro a 90 km/h, e seus olhos permanecem fechados por 0,50 s por causa de um espirro, qual é a distância percorrida pelo carro até você abrir novamente os olhos?
- 2 Calcule sua velocidade média nos dois casos seguintes: (a) você caminha 73,2 m a uma velocidade de 1,22 m/s e depois corre 73,2 m a uma velocidade de 3,05 m/s em uma pista reta; (b) você caminha 1,00 min a uma velocidade de 1,22 m/s e depois corre por 1,00 min a 3,05 m/s em uma pista reta. (c) Faça o gráfico de  $x$  em função de  $t$  nos dois casos e indique de que forma a velocidade média pode ser determinada a partir do gráfico.
- 3 Um automóvel viaja em uma estrada retilínea por 40 km a 30 km/h. Em seguida, continuando no mesmo sentido, percorre outros 40 km a 60 km/h. (a) Qual é a velocidade média do carro durante esse percurso de 80 km? (Suponha que o carro está se movendo no sentido positivo do eixo  $x$ .) (b) Qual é a velocidade escalar média? (c) Desenhe o gráfico de  $x$  em função de  $t$  e mostre como calcular a velocidade média a partir do gráfico.
- 4 Um carro sobe uma ladeira a uma velocidade constante de 40 km/h e desce a ladeira a uma velocidade constante de 60 km/h. Calcule a velocidade escalar média durante a viagem de ida e volta.
- 5 A posição de um objeto que se move ao longo de um eixo  $x$  é dada por  $x = 3t - 4t^2 + t^3$ , em que  $x$  está em metros e  $t$  em segundos. Determine a posição do objeto para os seguintes valores de  $t$ : (a) 1 s, (b) 2 s, (c) 3 s, (d) 4 s. (e) Qual é o deslocamento do objeto entre  $t = 0$  e  $t = 4$  s? (f) Qual é a velocidade média no intervalo de tempo de  $t = 2$  s a  $t = 4$  s? (g) Desenhe o gráfico de  $x$  em função de  $t$  para  $0 \leq t \leq 4$  s e indique como a resposta do item (f) pode ser determinada a partir do gráfico.
- 6 Em 1992, o recorde mundial de velocidade em bicicleta foi estabelecido por Chris Huber. O tempo para percorrer um trecho de 200 m foi de apenas 6,509 s, o que motivou o seguinte comentário de Chris: “Cogito ergo zoom!” (Penso, logo corro!). Em 2001, Sam Whittingham quebrou o recorde de Huber por 19 km/h. Qual foi o tempo gasto por Whittingham para percorrer os 200 m?
- 7 Dois trens, ambos se movendo a uma velocidade de 30 km/h, trafegam em sentidos opostos na mesma linha férrea retilínea. Um pássaro parte da extremidade dianteira de um dos trens, quando estão separados por 60 km, voando a 60 km/h, e se dirige em linha reta para o outro trem. Quando chegar ao outro trem, o pássaro faz meia-volta e se dirige para o primeiro trem, e assim por diante. Qual é a distância que o pássaro percorre até os trens colidirem?
- 8  *Situação de pânico.* A Fig. 2-24 mostra uma situação na qual muitas pessoas tentam escapar por uma porta de emergência que está trancada. As pessoas se aproximam da porta a uma velocidade  $v_s = 3,50$  m/s, têm  $d = 0,25$  m de espessura e estão separadas por uma distância  $L = 1,75$  m. A Fig. 2-24 mostra a posição das pessoas no instante  $t = 0$ . (a) Qual é a taxa média de aumento da camada de pessoas

que se comprimem contra a porta? (b) Em que instante a espessura da camada chega a 5,0 m? (As respostas mostram com que rapidez uma situação desse tipo pode colocar em risco a vida das pessoas.)




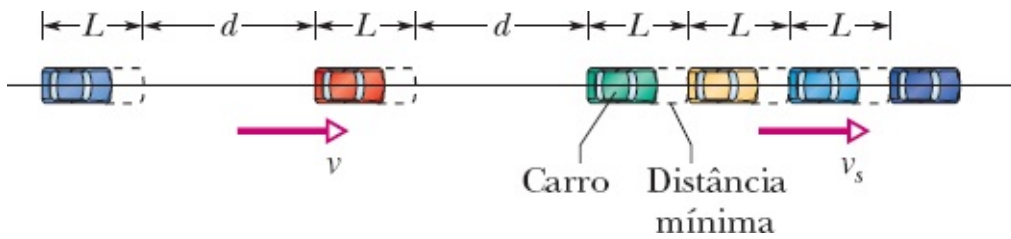
**Figura 2-24** Problema 8.

••9 Em uma corrida de 1 km, o corredor 1 da raia 1 (com o tempo de 2 min 27,95 s) parece ser mais rápido que o corredor 2 da raia 2 (2 min 28,15 s). Entretanto, o comprimento  $L_2$  da raia 2 pode ser ligeiramente maior que o comprimento  $L_1$  da raia 1. Qual é o maior valor da diferença  $L_2 - L_1$  para o qual a conclusão de que o corredor 1 é mais rápido é verdadeira?

••10  Para estabelecer um recorde de velocidade em uma distância  $d$  (em linha reta), um carro deve percorrer a distância, primeiro em um sentido (em um tempo  $t_1$ ) e depois no sentido oposto (em um tempo  $t_2$ ). (a) Para eliminar o efeito do vento e obter a velocidade  $v_c$  que o carro atingiria na ausência de vento, devemos calcular a média aritmética de  $d/t_1$  e  $d/t_2$  (método 1) ou devemos dividir  $d$  pela média aritmética de  $t_1$  e  $t_2$  (método 2)? (b) Qual é a diferença percentual dos dois métodos se existe um vento constante na pista, e a razão entre a velocidade  $v_v$  do vento e a velocidade  $v_c$  do carro é 0,0240?

••11 Você tem que dirigir em uma via expressa para se candidatar a um emprego em outra cidade, que fica a 300 km de distância. A entrevista foi marcada para as 11 h 15 min. Você planeja dirigir a 100 km/h e parte às 8 h para ter algum tempo de sobra. Você dirige à velocidade planejada durante os primeiros 100 km, mas, em seguida, um trecho em obras o obriga a reduzir a velocidade para 40 km/h por 40 km. Qual é a menor velocidade que você deve manter no resto da viagem para chegar a tempo?

••12  *Onda de choque no trânsito.* Quando o trânsito é intenso, uma redução brusca de velocidade pode se propagar como um pulso, denominado *onda de choque*, ao longo da fila de carros. A onda de choque pode ter o sentido do movimento dos carros, o sentido oposto, ou permanecer estacionária. A Fig. 2-25 mostra uma fila de carros regularmente espaçados que estão se movendo a uma velocidade  $v = 25,0$  m/s em direção a uma fila de carros mais lentos, uniformemente espaçados, que estão se movendo a uma velocidade  $v_1 = 5,00$  m/s. Suponha que cada carro mais rápido acrescenta um comprimento  $L = 12,0$  m (comprimento do carro mais a distância mínima de segurança) à fila de carros mais lentos ao se juntar à fila, e que reduz bruscamente a velocidade no último momento. (a) Para que distância  $d$  entre os carros mais rápidos a onda de choque permanece estacionária? Se a distância é duas vezes maior que esse valor, quais são (b) a velocidade e (c) o sentido (o sentido do movimento dos carros ou o sentido contrário) da onda de choque?



**Figura 2-25** Problema 12.

...13 Você dirige do Rio a São Paulo metade *do tempo* a 55 km/h e a outra metade a 90 km/h. Na volta, você viaja metade *da distância* a 55 km/h e a outra metade a 90 km/h. Qual é a velocidade escalar média (a) na viagem do Rio a São Paulo, (b) na viagem de São Paulo ao Rio, e (c) na viagem inteira? (d) Qual é a velocidade média na viagem inteira? (e) Plote o gráfico de  $x$  em função de  $t$  para o item (a), supondo que o movimento ocorre no sentido positivo de  $x$ . Mostre de que forma a velocidade média pode ser determinada a partir do gráfico.

**Módulo 2-2 Velocidade Instantânea e Velocidade Escalar**

•14 A posição de um elétron que se move ao longo do eixo  $x$  é dada por  $x = 16te^{-t}$  m, em que  $t$  está em segundos. A que distância da origem está o elétron quando para momentaneamente?

•15 (a) Se a posição de uma partícula é dada por  $x = 4 - 12t + 3t^2$  (em que  $t$  está em segundos e  $x$  em metros), qual é a velocidade da partícula em  $t = 1$  s? (b) O movimento nesse instante é no sentido positivo ou negativo de  $x$ ? (c) Qual é a velocidade escalar da partícula nesse instante? (d) A velocidade escalar está aumentando ou diminuindo nesse instante? (Tente responder às duas próximas perguntas sem fazer outros cálculos.) (e) Existe algum instante no qual a velocidade se anula? Caso a resposta seja afirmativa, para que valor de  $t$  isso acontece? (f) Existe algum instante após  $t = 3$  s no qual a partícula está se movendo no sentido negativo de  $x$ ? Caso a resposta seja afirmativa, para que valor de  $t$  isso acontece?

•16 A função posição  $x(t)$  de uma partícula que está se movendo ao longo do eixo  $x$  é  $x = 4,0 - 6,0t^2$ , com  $x$  em metros e  $t$  em segundos. (a) Em que instante e (b) em que posição a partícula para (momentaneamente)? Em que (c) instante negativo e (d) instante positivo a partícula passa pela origem? (e) Plote o gráfico de  $x$  em função de  $t$  para o intervalo de  $-5$  s a  $+5$  s. (f) Para deslocar a curva para a direita no gráfico, devemos acrescentar a  $x(t)$  o termo  $+20t$  ou o termo  $-20t$ ? (g) Essa modificação aumenta ou diminui o valor de  $x$  para o qual a partícula para momentaneamente?

•17 A posição de uma partícula que se move ao longo do eixo  $x$  é dada por  $x = 9,75 + 1,50t^3$ , em que  $x$  está em centímetros e  $t$  em segundos. Calcule (a) a velocidade média durante o intervalo de tempo de  $t = 2,00$  s a  $t = 3,00$  s; (b) a velocidade instantânea em  $t = 2,00$  s; (c) a velocidade instantânea em  $t = 3,00$  s; (d) a velocidade instantânea em  $t = 2,50$  s; (e) a velocidade instantânea quando a partícula está na metade da distância entre as posições em  $t = 2,00$  s e  $t = 3,00$  s. (f) Plote o gráfico de  $x$  em função de  $t$  e indique suas respostas graficamente.

**Módulo 2-3 Aceleração**

•18 A posição de uma partícula que se move ao longo do eixo  $x$  é dada por  $x = 12t^2 - 2t^3$ , em que  $x$  está em metros e  $t$  em segundos. Determine (a) a posição, (b) a velocidade e (c) a aceleração da partícula em  $t = 3,0$  s. (d) Qual é a coordenada positiva máxima alcançada pela partícula e (e) em que instante de tempo é alcançada? (f) Qual é a velocidade positiva máxima alcançada pela partícula e (g) em que instante de tempo é alcançada? (h) Qual é a aceleração da partícula no instante em que a partícula não está se movendo (além do instante  $t = 0$ )? (i) Determine a velocidade média da partícula entre  $t = 0$  e  $t = 3,0$  s.

•19 Em um determinado instante, uma partícula tinha uma velocidade de 18 m/s no sentido positivo de  $x$ ; 2,4 s depois, a velocidade era 30 m/s no sentido oposto. Qual foi a aceleração média da partícula durante este intervalo de 2,4 s?

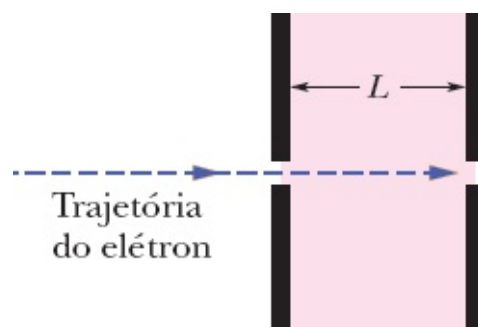
•20 (a) Se a posição de uma partícula é dada por  $x = 20t - 5t^3$ , em que  $x$  está em metros e  $t$  em segundos, em que instante(s) a velocidade da partícula é zero? (b) Em que instante(s) a aceleração  $a$  é zero? (c) Para que intervalo de tempo (positivo ou negativo) a aceleração  $a$  é negativa? (d) Para que intervalo de tempo (positivo ou negativo) a aceleração  $a$  é positiva? (e) Desenhe os gráficos de  $x(t)$ ,  $v(t)$ , e  $a(t)$ .


•21 De  $t = 0$  a  $t = 5,00$  min, um homem fica em pé sem se mover; de  $t = 5,00$  min a  $t = 10,0$  min, caminha em linha reta com uma velocidade de 2,2 m/s. Qual é (a) a velocidade média  $v_{\text{méd}}$  e (b) qual a aceleração média  $a_{\text{méd}}$  do homem no intervalo de tempo de 2,00 min a 8,00 min? (c) Qual é  $v_{\text{méd}}$  e (d) qual é  $a_{\text{méd}}$  no intervalo de tempo de 3,00 min a 9,00 min? (e) Plote  $x$  em função de  $t$  e  $v$  em função de  $t$ , e indique como as respostas de (a) a (d) podem ser obtidas a partir dos gráficos.

•22 A posição de uma partícula que se desloca ao longo do eixo  $x$  varia com o tempo de acordo com a equação  $x = ct^2 - bt^3$ , em que  $x$  está em metros e  $t$  em segundos. Quais são as unidades (a) da constante  $c$  e (b) da constante  $b$ ? Suponha que os valores numéricos de  $c$  e  $b$  são 3,0 e 2,0, respectivamente. (c) Em que instante a partícula passa pelo maior valor positivo de  $x$ ? De  $t = 0,0$  s a  $t = 4,0$  s, (d) qual é a distância percorrida pela partícula e (e) qual é o deslocamento? Determine a velocidade da partícula nos instantes (f)  $t = 1,0$  s, (g)  $t = 2,0$  s, (h)  $t = 3,0$  s, e (i)  $t = 4,0$  s. Determine a aceleração da partícula nos instantes (j)  $t = 1,0$  s, (k)  $t = 2,0$  s, (l)  $t = 3,0$  s e (m)  $t = 4,0$  s.


#### Módulo 2-4 Aceleração Constante

•23 Um elétron com velocidade inicial  $v_0 = 1,50 \times 10^5$  m/s penetra em uma região de comprimento  $L = 1,00$  cm, em que é eletricamente acelerado (Fig. 2-26), e sai da região com  $v = 5,70 \times 10^6$  m/s. Qual é a aceleração do elétron, supondo que seja constante?



- 24**  *Cogumelos lançadores.* Alguns cogumelos lançam esporos usando um mecanismo de catapulta. Quando o vapor d'água do ar se condensa em um esporo preso a um cogumelo, uma gota se forma de um lado do esporo e uma película de água se forma do outro lado. O peso da gota faz o esporo se encurvar, mas, quando a película atinge a gota, a gota d'água se espalha bruscamente pelo filme, e o esporo volta tão depressa à posição original que é lançado no ar. Tipicamente, o esporo atinge uma velocidade de  $1,6 \text{ m/s}$  em um lançamento de  $5,0 \mu\text{m}$ ; em seguida, a velocidade é reduzida a zero em um percurso de  $1,00 \text{ mm}$  pelo atrito com o ar. Usando esses dados e supondo que as acelerações são constantes, determine a aceleração em unidades de  $g$  (a) durante o lançamento; (b) durante a redução de velocidade.
- 25** Um veículo elétrico parte do repouso e acelera em linha reta a uma taxa de  $2,0 \text{ m/s}^2$  até atingir a velocidade de  $20 \text{ m/s}$ . Em seguida, o veículo desacelera a uma taxa constante de  $1,0 \text{ m/s}^2$  até parar. (a) Quanto tempo transcorre entre a partida e a parada? (b) Qual é a distância percorrida pelo veículo desde a partida até a parada?
- 26** Um múon (uma partícula elementar) penetra em uma região com uma velocidade de  $5,00 \times 10^6 \text{ m/s}$  e passa a ser desacelerado a uma taxa de  $1,25 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$ . (a) Qual é a distância percorrida pelo múon até parar? (b) Desenhe os gráficos de  $x$  em função de  $t$ , e de  $v$  em função de  $t$  para o múon.
- 27** Um elétron possui uma aceleração constante de  $+3,2 \text{ m/s}^2$ . Em determinado instante, a velocidade do elétron é  $+9,6 \text{ m/s}$ . Qual é a velocidade (a)  $2,5 \text{ s}$  antes e (b)  $2,5 \text{ s}$  depois do instante considerado?
- 28** Em uma estrada seca, um carro com pneus novos é capaz de frear com uma desaceleração constante de  $4,92 \text{ m/s}^2$ . (a) Quanto tempo esse carro, inicialmente se movendo a  $24,6 \text{ m/s}$ , leva para parar? (b) Que distância o carro percorre nesse tempo? (c) Desenhe os gráficos de  $x$  em função de  $t$ , e de  $v$  em função de  $t$  durante a desaceleração.
- 29** Um elevador percorre uma distância de  $190 \text{ m}$  e atinge uma velocidade máxima de  $305 \text{ m/min}$ . O elevador acelera a partir do repouso e desacelera de volta ao repouso a uma taxa de  $1,22 \text{ m/s}^2$ . (a) Qual é a distância percorrida pelo elevador enquanto acelera a partir do repouso até a velocidade máxima? (b) Quanto tempo o elevador leva para percorrer a distância de  $190 \text{ m}$ , sem paradas, partindo do repouso e chegando com velocidade zero?
- 30** Os freios de um carro podem produzir uma desaceleração da ordem de  $5,2 \text{ m/s}^2$ . (a) Se o motorista está a  $137 \text{ km/h}$  e avista um policial rodoviário, qual é o tempo mínimo necessário para que o carro atinja a velocidade máxima permitida de  $90 \text{ km/h}$ ? (A resposta revela a inutilidade de frear para tentar impedir que a alta velocidade seja detectada por um radar ou por uma pistola de laser.) (b) Desenhe os gráficos de  $x$  em função de  $t$ , e de  $v$  em função de  $t$  durante a desaceleração.
- 31** Suponha que uma nave espacial se move com uma aceleração constante de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , o que dá aos tripulantes a ilusão de uma gravidade normal durante o voo. (a) Se a nave parte do repouso, quanto tempo leva para atingir um décimo da velocidade da luz, que é  $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ? (b) Que distância a nave percorre

nesse tempo?

•32  O recorde mundial de velocidade em terra foi estabelecido pelo coronel John P. Stapp em março de 1954, a bordo de um trenó foguete que se deslocou sobre trilhos a 1020 km/h. Ele e o trenó foram freados até parar em 1,4 s. (Veja a Fig. 2-7.) Qual foi a aceleração experimentada por Stapp durante a frenagem, em unidades de  $g$ ?

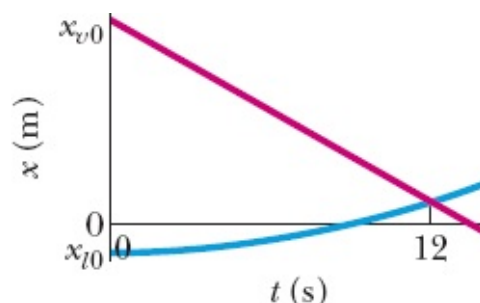
•33 Um carro que se move a 56,0 km/h está a 24,0 m de distância de um muro quando o motorista aciona os freios. O carro bate no muro 2,00 s depois. (a) Qual era o módulo da aceleração constante do carro antes do choque? (b) Qual era a velocidade do carro no momento do choque?

•34 Na Fig. 2-27, um carro laranja e um carro verde, iguais exceto pela cor, movem-se um em direção ao outro em pistas vizinhas e paralelas a um eixo  $x$ . No instante  $t = 0$ , o carro laranja está em  $x_l = 0$  e o carro verde está em  $x_v = 220$  m. Se o carro laranja tem velocidade constante de 20 km/h, os carros se cruzam em  $x = 44,5$  m; se tem uma velocidade constante de 40 km/h, os carros se cruzam em  $x = 76,6$  m. (a) Qual é a velocidade inicial e (b) qual é a aceleração do carro verde?



**Figura 2-27** Problemas 34 e 35.

•35 A Fig. 2-27 mostra um carro laranja e um carro verde que se movem um em direção ao outro. A Fig. 2-28 é um gráfico do movimento dos dois carros, mostrando suas posições  $x_{v0} = 270$  m e  $x_{l0} = -35,0$  m no instante  $t = 0$ . O carro verde tem velocidade constante de 20,0 m/s e o carro laranja parte do repouso. Qual é o módulo da aceleração do carro laranja?



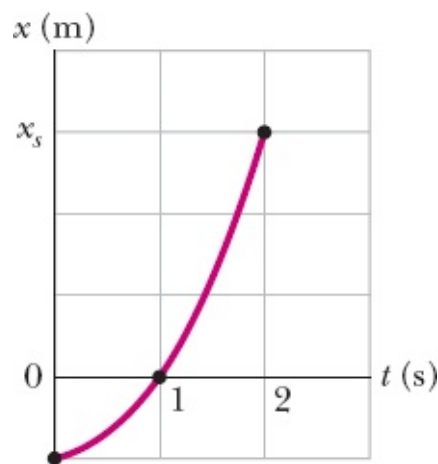
**Figura 2-28** Problema 35.

•36 Um carro se move ao longo do eixo  $x$  por uma distância de 900 m, partindo do repouso (em  $x = 0$ ) e terminando em repouso (em  $x = 900$  m). No primeiro quarto do percurso, a aceleração é  $+2,25$  m/s<sup>2</sup>. Nos outros três quartos, a aceleração passa a ser  $-0,750$  m/s<sup>2</sup>. (a) Qual é o tempo necessário para percorrer os 900 m e (b) qual é a velocidade máxima? (c) Desenhe os gráficos da posição  $x$ , da velocidade  $v$  e da aceleração  $a$  em função do tempo  $t$ .



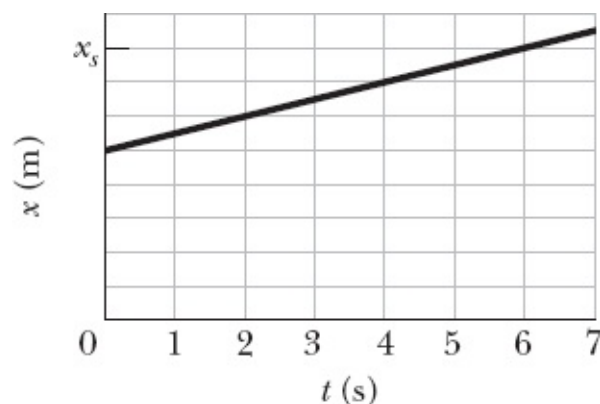
••37 A Fig. 2-29 mostra o movimento de uma partícula que se move ao longo do eixo  $x$  com aceleração constante. A escala vertical do gráfico é definida por  $x_s = 6,0$  m. Quais são (a) o módulo e (b) o sentido da aceleração da partícula?

••38 (a) Se a aceleração máxima que pode ser tolerada pelos passageiros de um metrô é  $1,34 \text{ m/s}^2$  e duas estações de metrô estão separadas por uma distância de 806 m, qual é a velocidade máxima que o metrô pode alcançar entre as estações? (b) Qual é o tempo de percurso? (c) Se o metrô para durante 20 s em cada estação, qual é a máxima velocidade escalar média do metrô entre o instante em que parte de uma estação e o instante em que parte da estação seguinte? (d) Plote  $x$ ,  $v$  e  $a$  em função de  $t$  para o intervalo de tempo entre o instante em que o trem parte de uma estação e o instante em que parte da estação seguinte.




**Figura 2-29** Problema 37.

••39 Os carros  $A$  e  $B$  se movem no mesmo sentido em pistas vizinhas. A posição  $x$  do carro  $A$  é dada na Fig. 2-30, do instante  $t = 0$  ao instante  $t = 7,0$  s. A escala vertical do gráfico é definida por  $x_s = 32,0$  m. Em  $t = 0$ , o carro  $B$  está em  $x = 0$ , a uma velocidade de  $12 \text{ m/s}$  e com uma aceleração negativa constante  $a_B$ . (a) Qual deve ser o valor de  $a_B$  para que os carros estejam lado a lado (ou seja, tenham o mesmo valor de  $x$ ) em  $t = 4,0$  s? (b) Para esse valor de  $a_B$ , quantas vezes os carros ficam lado a lado? (c) Plote a posição  $x$  do carro  $B$  em função do tempo  $t$  na Fig. 2-30. Quantas vezes os carros ficariam lado a lado se o módulo da aceleração  $a_B$  fosse (d) maior do que o da resposta da parte (a) e (e) menor do que o da resposta da parte (a)?

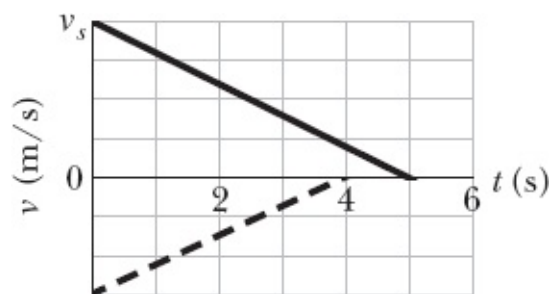




**Figura 2-30** Problema 39.

••40  Você está se aproximando de um sinal de trânsito a uma velocidade  $v_0 = 55$  km/h quando o sinal fica amarelo. O módulo da maior taxa de desaceleração de que o carro é capaz é  $a = 5,18$  m/s<sup>2</sup> e seu tempo de reação para começar a frear é  $T = 0,75$  s. Para evitar que a frente do carro invada o cruzamento depois que o sinal mudar para vermelho, sua estratégia deve ser frear até parar ou prosseguir a 55 km/h se a distância até o cruzamento e a duração da luz amarela forem, respectivamente, (a) 40 m e 2,8 s, e (b) 32 m e 1,8 s? As respostas podem ser frear, prosseguir, tanto faz (se as duas estratégias funcionarem), ou não há jeito (se nenhuma das estratégias funcionar).

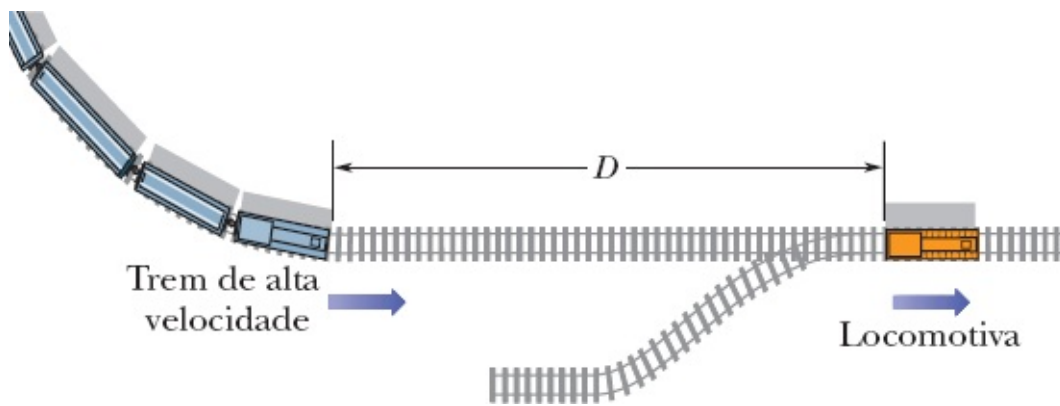
••41 Os maquinistas de dois trens percebem, de repente, que estão em rota de colisão. A Fig. 2-31 mostra a velocidade  $v$  dos trens em função do tempo  $t$  enquanto estão sendo freados. A escala vertical do gráfico é definida por  $v_s = 40,0$  m. O processo de desaceleração começa quando a distância entre os trens é 200 m. Qual é a distância entre os trens quando, finalmente, conseguem parar?



**Figura 2-31** Problema 41.

••42 Você está discutindo com um colega de trabalho no telefone celular enquanto, à sua frente, a 25 m de distância, viaja um carro de polícia disfarçado; os dois veículos estão a 110 km/h. A discussão distrai sua atenção do carro de polícia por 2,0 s (tempo suficiente para você olhar para o telefone e exclamar: “Eu me recuso a fazer isso!”). No início desses 2,0 s, o policial freia bruscamente, com uma desaceleração de 5,0 m/s<sup>2</sup>. (a) Qual é a distância entre os dois carros quando você volta a prestar atenção no trânsito? Suponha que você leve o tempo de 0,40 s para perceber o perigo e começar a frear. (b) Se você também freia com uma desaceleração de 5,0 m/s<sup>2</sup>, qual é a velocidade do seu carro quando você bate no carro de polícia?

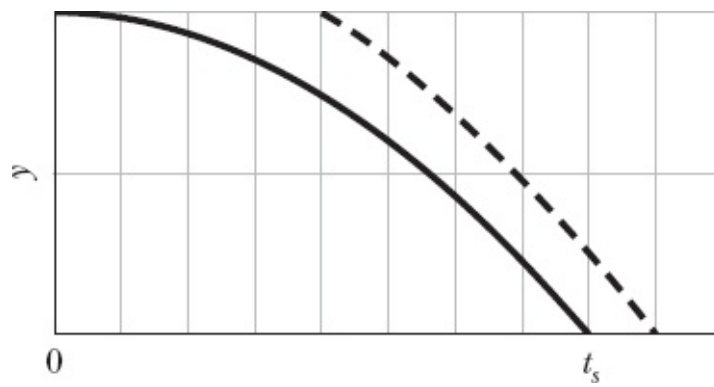
••43 Quando um trem de passageiros de alta velocidade que se move a 161 km/h faz uma curva, o maquinista leva um susto ao ver que uma locomotiva entrou indevidamente nos trilhos através de um desvio e está a uma distância  $D = 676$  m à frente (Fig. 2-32). A locomotiva está se movendo a 29,0 km/h. O maquinista do trem de alta velocidade imediatamente aciona os freios. (a) Qual deve ser o valor mínimo do módulo da desaceleração (suposta constante) para que a colisão não ocorra? (b) Suponha que o maquinista está em  $x = 0$  quando, no instante  $t = 0$ , avista a locomotiva. Desenhe as curvas de  $x(t)$  da locomotiva e do trem de alta velocidade para os casos em que a colisão é evitada por pouco e em que a colisão ocorre por pouco.



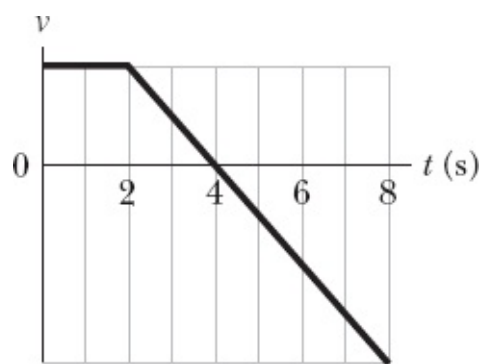
**Figura 2-32** Problema 43.

### Módulo 2-5 Aceleração em Queda Livre

- 44 Um tatu assustado pula verticalmente para cima, subindo 0,544 m nos primeiros 0,200 s. (a) Qual é a velocidade do animal ao deixar o solo? (b) Qual é a velocidade na altura de 0,544 m? (c) Qual é a altura adicional que o animal atinge?
- 45 (a) Com que velocidade deve ser lançada uma bola verticalmente a partir do solo para que atinja uma altura máxima de 50 m? (b) Por quanto tempo a bola permanece no ar? (c) Esboce os gráficos de  $y$ ,  $v$  e  $a$  em função de  $t$  para a bola. Nos dois primeiros gráficos, indique o instante no qual a bola atinge a altura de 50 m.
- 46 Gotas de chuva caem 1700 m de uma nuvem até o chão. (a) Se as gotas não estivessem sujeitas à resistência do ar, qual seria a velocidade ao atingirem o solo? (b) Seria seguro caminhar na chuva?
- 47 Em um prédio em construção, uma chave de grifo chega ao solo com uma velocidade de 24 m/s. (a) De que altura um operário a deixou cair? (b) Quanto tempo durou a queda? (c) Esboce os gráficos de  $y$ ,  $v$  e  $a$  em função de  $t$  para a chave de grifo.
- 48 Um desordeiro joga uma pedra verticalmente para baixo com uma velocidade inicial de 12,0 m/s, a partir do telhado de um edifício, 30,0 m acima do solo. (a) Quanto tempo leva a pedra para atingir o solo? (b) Qual é a velocidade da pedra no momento do choque?
- 49 Um balão de ar quente está subindo, com uma velocidade de 12 m/s, e se encontra 80 m acima do solo quando um tripulante deixa cair um pacote. (a) Quanto tempo o pacote leva para atingir o solo? (b) Com que velocidade o pacote atinge o solo?
- 50 No instante  $t = 0$ , uma pessoa deixa cair a maçã 1 de uma ponte; pouco depois, a pessoa joga a maçã 2, verticalmente para baixo, do mesmo local. A Fig. 2-33 mostra a posição vertical  $y$  das duas maçãs em função do tempo durante a queda até a estrada que passa por baixo da ponte. A escala horizontal do gráfico é definida por  $t_s = 2,0$  s. Aproximadamente com que velocidade a maçã 2 foi jogada para baixo?



**Figura 2-33** Problema 50.



**Figura 2-34** Problema 51.

••51 Quando um balão científico desgarrado está subindo a uma velocidade de 19,6 m/s, um dos instrumentos se desprende e cai em queda livre. A Fig. 2-34 mostra a velocidade vertical do instrumento em função do tempo, desde alguns instantes antes de se desprender até o momento em que atinge o solo. (a) Qual é a altura máxima que o instrumento atinge em relação ao ponto em que se desprende? (b) A que altura acima do solo o instrumento se desprende?

••52 Um parafuso se desprende de uma ponte em construção e cai 90 m até chegar ao solo. (a) Em quanto tempo o parafuso percorre os últimos 20% da queda? Qual é a velocidade do parafuso (b) quando começa os últimos 20% da queda e (c) quando atinge o solo?

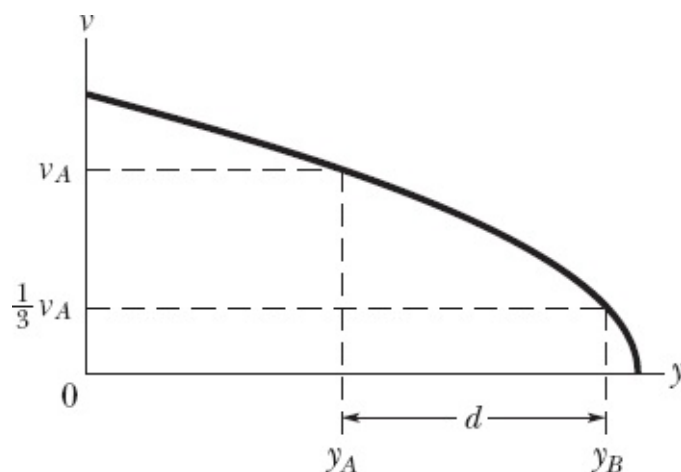
••53 Uma chave cai verticalmente de uma ponte que está 45 m acima da água. A chave atinge um barco de brinquedo que está se movendo com velocidade constante e se encontrava a 12 m do ponto de impacto quando a chave foi solta. Qual é a velocidade do barco?

••54 Uma pedra é deixada cair em um rio a partir de uma ponte situada 43,9 m acima da água. Outra pedra é atirada verticalmente para baixo 1,0 s após a primeira ter sido deixada cair. As pedras atingem a água ao mesmo tempo. (a) Qual era a velocidade inicial da segunda pedra? (b) Plote a velocidade em função do tempo para as duas pedras, supondo que  $t = 0$  é o instante em que a primeira pedra foi deixada cair.

••55 Uma bola de argila úmida cai 15,0 m até o chão e permanece em contato com o solo por 20,0 ms antes de parar completamente. (a) Qual é o módulo da aceleração média da bola durante o tempo de contato com o solo? (Trate a bola como uma partícula.) (b) A aceleração média é para cima ou para

baixo?

••56 A Fig. 2-35 mostra a velocidade  $v$  em função da altura  $y$  para uma bola lançada verticalmente para cima ao longo de um eixo  $y$ . A distância  $d$  é 0,40 m. A velocidade na altura  $y_A$  é  $v_A$ . A velocidade na altura  $y_B$  é  $v_A/3$ . Determine a velocidade  $v_A$ .



**Figura 2-35** Problema 56.


••57 Para testar a qualidade de uma bola de tênis, você a deixa cair, no chão, de uma altura de 4,00 m. Depois de quicar, a bola atinge uma altura de 2,00 m. Se a bola permanece em contato com o piso por 12,0 ms, (a) qual é o módulo da aceleração média durante esse contato? (b) A aceleração média é para cima ou para baixo?

••58 Um objeto cai de uma altura  $h$  a partir do repouso. Se o objeto percorre uma distância de  $0,50h$  no último 1,00 s, determine (a) o tempo e (b) a altura da queda. (c) Explique por que uma das raízes da equação do segundo grau em  $t$  usada para resolver o problema é fisicamente inaceitável.

••59 A água pinga de um chuveiro em um piso situado 200 cm abaixo. As gotas caem a intervalos de tempo regulares (iguais), com a primeira gota atingindo o piso quando a quarta gota começa a cair. Quando a primeira gota atinge o piso, a que distância do chuveiro estão (a) a segunda e (b) a terceira gotas?

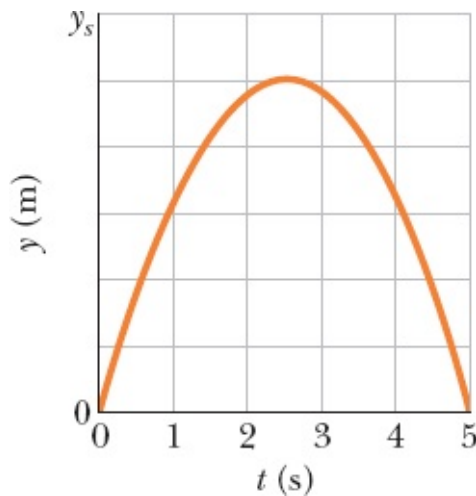
••60 Uma pedra é lançada verticalmente para cima a partir do solo no instante  $t = 0$ . Em  $t = 1,5$  s, a pedra ultrapassa o alto de uma torre; 1,0 s depois, atinge a altura máxima. Qual é a altura da torre?

••61 Uma bola de aço é deixada cair do telhado de um edifício e leva 0,125 s para passar por uma janela, uma distância correspondente a 1,20 m. A bola quica na calçada e torna a passar pela janela, de baixo para cima, em 0,125 s. Suponha que o movimento para cima corresponde exatamente ao inverso da queda. O tempo que a bola passa abaixo do peitoril da janela é de 2,00 s. Qual é a altura do edifício?

••62  Ao pegar um rebote, um jogador de basquete pula 76,0 cm verticalmente. Qual é o tempo total (de subida e descida) que o jogador passa (a) nos 15 cm mais altos e (b) nos 15 cm mais baixos do salto? (Esses resultados explicam por que os jogadores de basquete parecem flutuar quanto estão no ponto mais alto de um salto.)


...63 Um gato sonolento observa um vaso de flores que passa por uma janela aberta, primeiro subindo e depois descendo. O vaso permanece à vista por um tempo total de 0,50 s, e a altura da janela é de 2,00 m. Que distância acima do alto da janela o vaso atinge?


...64 Uma bola é lançada verticalmente para cima a partir da superfície de outro planeta. O gráfico de  $y$  em função de  $t$  para a bola é mostrado na Fig. 2-36, em que  $y$  é a altura da bola acima do ponto de lançamento, e  $t = 0$  no instante em que a bola é lançada. A escala vertical do gráfico é definida por  $y_s = 30,0$  m. Qual é o módulo (a) da aceleração em queda livre no planeta e (b) da velocidade inicial da bola?

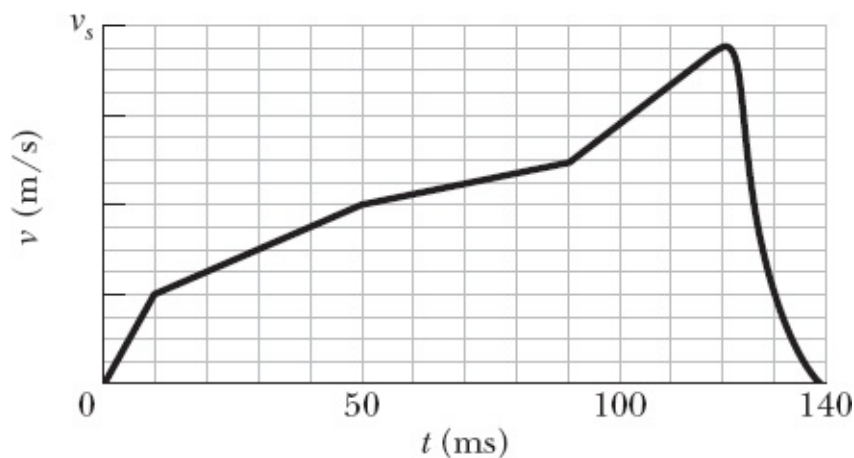


**Figura 2-36** Problema 64.

#### Módulo 2-6 Integração Gráfica na Análise de Movimentos

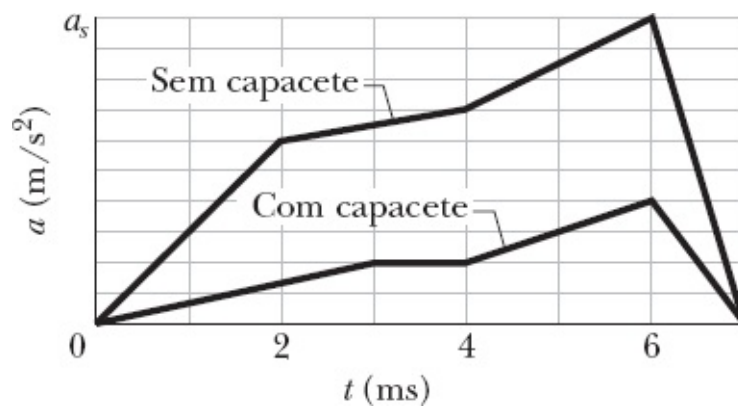
•65  A Fig. 2-15a mostra a aceleração da cabeça e do tronco de um voluntário durante uma colisão frontal. Qual é a velocidade (a) da cabeça e (b) do tronco quando a aceleração da cabeça é máxima?

•66  Em um soco direto de caratê, o punho começa em repouso na cintura e é movido rapidamente para a frente até o braço ficar completamente estendido. A velocidade  $v(t)$  do punho está representada na Fig. 2-37 para o caso de um lutador experiente. A escala vertical é definida por  $v_s = 8,0$  m/s. Qual é a distância percorrida pelo punho desde o início do golpe (a) até o instante  $t = 50$  ms e (b) até o instante em que a velocidade do punho é máxima?




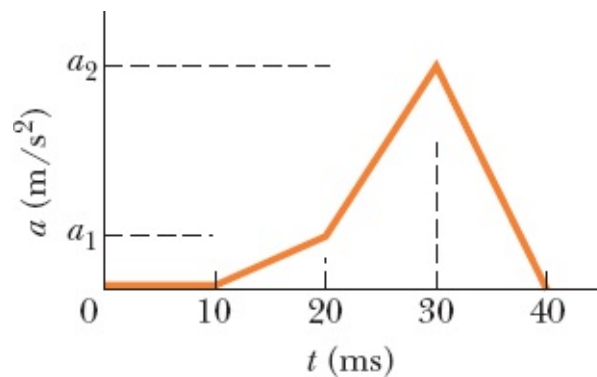
**Figura 2-37** Problema 66.

••67 Quando uma bola de futebol é chutada na direção de um jogador, e o jogador a desvia de cabeça, a aceleração da cabeça durante a colisão pode ser relativamente grande. A Fig. 2-38 mostra a aceleração  $a(t)$  da cabeça de um jogador de futebol sem e com capacete, a partir do repouso. A escala vertical é definida por  $a_s = 200 \text{ m/s}^2$ . Qual é a diferença entre a velocidade da cabeça sem e com o capacete no instante  $t = 7,0 \text{ ms}$ ?



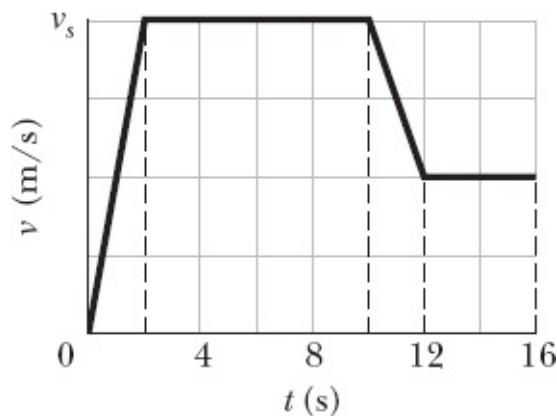
**Figura 2-38** Problema 67.

••68  Uma salamandra do gênero *Hydromantes* captura a presa lançando a língua como um projétil: a parte traseira da língua se projeta bruscamente para a frente, desenrolando o resto da língua até que a parte dianteira atinja a presa, capturando-a. A Fig. 2-39 mostra o módulo  $a$  da aceleração em função do tempo  $t$  durante a fase de aceleração em uma situação típica. As acelerações indicadas são  $a_2 = 400 \text{ m/s}^2$  e  $a_1 = 100 \text{ m/s}^2$ . Qual é a velocidade da língua no final da fase de aceleração?



**Figura 2-39** Problema 68.

••69 Que distância um corredor cujo gráfico velocidade-tempo aparece na Fig. 2-40 percorre em 16 s? A escala vertical do gráfico é definida por  $v_s = 8,0 \text{ m/s}$ .



**Figura 2-40** Problema 69.

...70 Duas partículas se movem ao longo do eixo  $x$ . A posição da partícula 1 é dada por  $x = 6,00t^2 + 3,00t + 2,00$ , em que  $x$  está em metros e  $t$  em segundos; a aceleração da partícula 2 é dada por  $a = -8,00t$ , em que  $a$  está em metros por segundo ao quadrado, e  $t$  em segundos. No instante  $t = 0$ , a velocidade da partícula 2 é 20 m/s. Qual é a velocidade das partículas no instante em que elas têm a mesma velocidade?

#### Problemas Adicionais

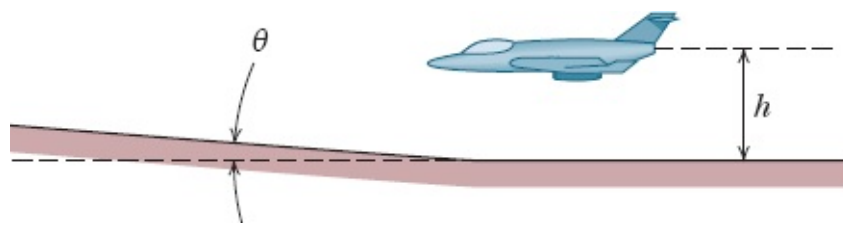
71 Em um videogame, um ponto é programado para se deslocar na tela de acordo com a função  $x = 9,00t - 0,750t^3$ , em que  $x$  é a distância em centímetros em relação à extremidade esquerda da tela, e  $t$  é o tempo em segundos. Quando o ponto chega a uma das bordas da tela,  $x = 0$  ou  $x = 15,0$  cm, o valor de  $t$  é zerado e o ponto começa novamente a se mover de acordo com a função  $x(t)$ . (a) Em que instante após ser iniciado o movimento o ponto se encontra momentaneamente em repouso? (b) Para que valor de  $x$  isso acontece? (c) Qual é a aceleração do ponto (incluindo o sinal) no instante em que isso acontece? (d) O ponto está se movendo para a direita ou para a esquerda pouco antes de atingir o repouso? (e) O ponto está se movendo para a direita ou para a esquerda pouco depois de atingir o repouso? (f) Em que instante  $t > 0$  o ponto atinge a borda da tela pela primeira vez?

72 Uma pedra é lançada verticalmente para cima a partir da borda do terraço de um edifício. A pedra atinge a altura máxima 1,60 s após ter sido lançada e, em seguida, caindo paralelamente ao edifício, chega ao solo 6,00 s após ter sido lançada. Em unidades do SI: (a) com que velocidade a pedra foi lançada? (b) Qual foi a altura máxima atingida pela pedra em relação ao terraço? (c) Qual é a altura do edifício?

73 No instante em que um sinal de trânsito fica verde, um automóvel começa a se mover com uma aceleração constante  $a$  de  $2,2 \text{ m/s}^2$ . No mesmo instante, um caminhão, que se move a uma velocidade constante de  $9,5 \text{ m/s}$ , ultrapassa o automóvel. (a) A que distância do sinal o automóvel alcança o caminhão? (b) Qual é a velocidade do automóvel nesse instante?


74 Um piloto voa horizontalmente a  $1300 \text{ km/h}$ , a uma altura  $h = 35 \text{ m}$  acima de um solo inicialmente plano. No instante  $t = 0$ , o piloto começa a sobrevoar um terreno inclinado, para cima, de um ângulo  $\theta = 4,3^\circ$  (Fig. 2-41). Se o piloto não mudar a trajetória do avião, em que instante  $t$  o avião se chocará com o solo?

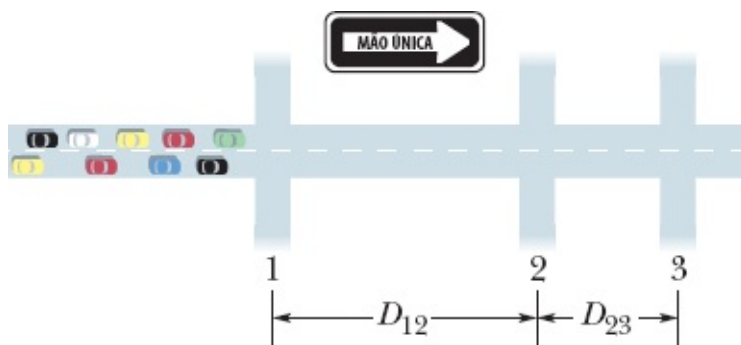




**Figura 2-41** Problema 74.

**75** O tempo necessário para frear um carro pode ser dividido em duas partes: o tempo de reação para o motorista começar a frear e o tempo necessário para que a velocidade chegue a zero depois que o freio é acionado. A distância total percorrida por um carro é de 56,7 m quando a velocidade inicial é de 80,5 km/h e 24,4 m quando a velocidade inicial é 48,3 km/m. Supondo que a aceleração permanece constante depois que o freio é acionado, determine (a) o tempo de reação do motorista e (b) o módulo da aceleração.

**76**  A Fig. 2-42 mostra parte de uma rua na qual se pretende controlar o tráfego para permitir que um *pelotão* de veículos atravessasse vários cruzamentos sem parar. Suponha que os primeiros carros do pelotão tenham acabado de chegar ao cruzamento 2, onde o sinal abriu quando os carros estavam a uma distância  $d$  do cruzamento. Os carros continuam a se mover a certa velocidade  $v_p$  (a velocidade máxima permitida) até chegarem ao cruzamento 3. As distâncias entre os cruzamentos são  $D_{23}$  e  $D_{12}$ . (a) Quanto tempo depois que o sinal do cruzamento 2 abriu o sinal do cruzamento 3 deve abrir para que o sinal do cruzamento 3 abra quando os primeiros carros do pelotão estão a uma distância  $d$  do cruzamento 3?



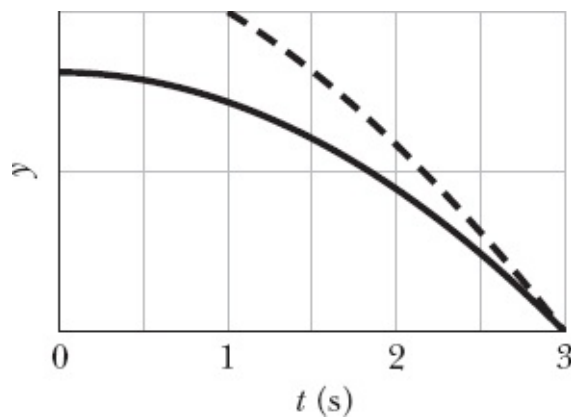
**Figura 2-42** Problema 76.

Suponha que o pelotão tenha encontrado o sinal fechado no cruzamento 1. Quando o sinal do cruzamento 1 abre, os carros da frente precisam de um tempo  $t$  para arrancar e de um tempo adicional para atingir a velocidade de cruzeiro  $v_p$  com certa aceleração  $a$ . (b) Quanto tempo depois que o sinal do cruzamento 1 abriu o sinal do cruzamento 2 deve abrir para que o sinal do cruzamento 2 abra quando os primeiros carros do pelotão estão a uma distância  $d$  do cruzamento 2?

**77** Um carro de corrida é capaz de acelerar de 0 a 60 km/h em 5,4 s. (a) Qual é a aceleração média do carro, em  $m/s^2$ , durante esse intervalo? (b) Qual é a distância percorrida pelo carro em 5,4 s, supondo que a aceleração seja constante? (c) Quanto tempo o carro leva para percorrer uma distância de 0,25 km, a partir de repouso, mantendo uma aceleração constante igual ao valor do item (a)?

**78** Um trem vermelho a 72 km/h e um trem verde a 144 km/h estão na mesma linha, retilínea e plana, movendo-se um em direção ao outro. Quando a distância entre os trens é de 950 m, os dois maquinistas percebem o perigo e acionam os freios, fazendo com que os dois trens sofram uma desaceleração de  $1,0 \text{ m/s}^2$ . Os trens conseguem frear a tempo de evitar uma colisão? Caso a resposta seja negativa, determine as velocidades dos trens no momento da colisão; caso seja positiva, determine a distância final entre os trens.

**79** No instante  $t = 0$ , um alpinista deixa cair um grampo, sem velocidade inicial, do alto de um paredão. Após um curto intervalo de tempo, o companheiro de escalada, que está 10 m acima, lança um outro grampo para baixo. A Fig. 2-43 mostra as posições  $y$  dos grampos durante a queda em função do tempo  $t$ . Com que velocidade o segundo grampo foi lançado?

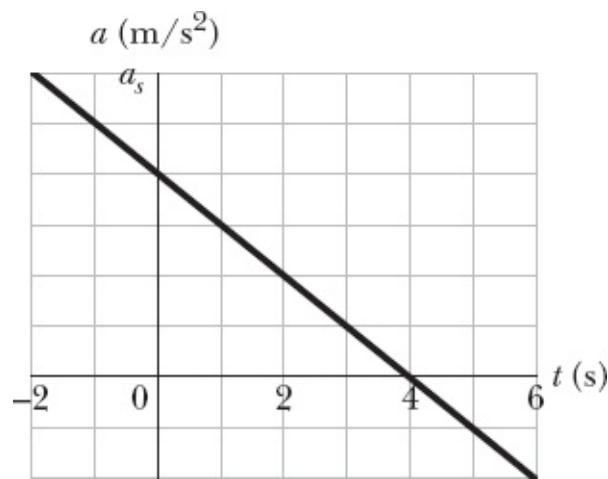


**Figura 2-43** Problema 79.

**80** Um trem partiu do repouso com aceleração constante. Em um determinado instante, estava se movendo a 30 m/s; 160 m adiante, estava se movendo a 50 m/s. Calcule (a) a aceleração, (b) o tempo necessário para percorrer os 160 m mencionados, (c) o tempo necessário para atingir a velocidade de 30 m/s e (d) a distância percorrida desde o repouso até o instante em que o trem atingiu a velocidade de 30 m/s. (e) Desenhe os gráficos de  $x$  em função de  $t$  e de  $v$  em função de  $t$ , de  $t = 0$  até o instante em que o trem atingiu a velocidade de 50 m/s.

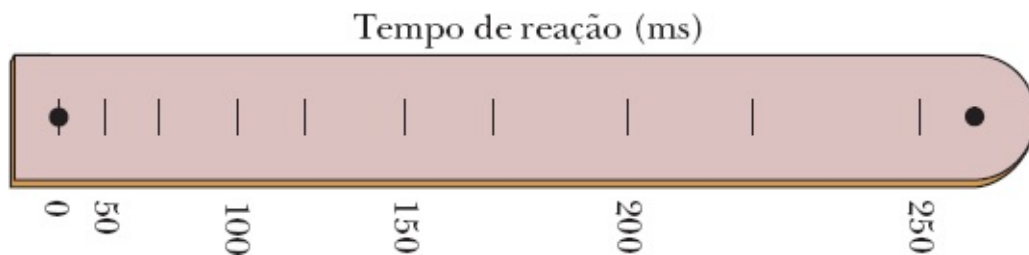
**81** A aceleração de uma partícula ao longo do eixo  $x$  é  $a = 5,0t$ , com  $t$  em segundos e  $a$  em metros por segundo ao quadrado. Em  $t = 2,0 \text{ s}$ , a velocidade da partícula é  $+17 \text{ m/s}$ . Qual é a velocidade da partícula em  $t = 4,0 \text{ s}$ ?

**82** A Fig. 2-44 mostra a aceleração  $a$  em função do tempo  $t$  para uma partícula que se move ao longo do eixo  $x$ . A escala vertical do gráfico é definida por  $a_s = 12,0 \text{ m/s}^2$ . No instante  $t = -2,0 \text{ s}$ , a velocidade da partícula é  $7,0 \text{ m/s}$ . Qual é a velocidade da partícula no instante  $t = 6,0 \text{ s}$ ?




**Figura 2-44** Problema 82.

**83** A Fig. 2-45 mostra um dispositivo simples que pode ser usado para medir seu tempo de reação: uma tira de papelão marcada com uma escala e dois pontos. Um amigo segura a tira na *vertical*, com o polegar e o indicador no ponto da direita da Fig. 2-45. Você posiciona o polegar e o indicador no outro ponto (o ponto da esquerda da Fig. 2-45), sem tocar a tira. Seu amigo solta a tira e você tenta segurá-la assim que percebe que ela começou a cair. A marca na posição em que você segura a tira corresponde ao seu tempo de reação. (a) A que distância do ponto inferior você deve colocar a marca de 50,0 ms? Por qual valor você deve multiplicar essa distância para determinar a marca de (b) 100 ms, (c) 150 ms, (d) 200 ms e (e) 250 ms? (Por exemplo: a marca de 100 ms deve estar no dobro da distância correspondente à marca de 50 ms? Nesse caso, a resposta seria 2. Você é capaz de identificar algum padrão nas respostas?)



**Figura 2-45** Problema 83.

**84**  Trenós a jato, montados em trilhos retilíneos e planos, são usados para investigar os efeitos de grandes acelerações sobre seres humanos. Um desses trenós pode atingir uma velocidade de 1600 km/h em 1,8 s a partir do repouso. Determine (a) a aceleração (suposta constante) em unidades de  $g$  e (b) a distância percorrida.


**85** Um vagonete de minério é puxado para o alto de uma encosta a 20 km/h e puxado ladeira abaixo a 35 km/h até a altura inicial. (O tempo gasto para inverter o movimento no alto da encosta é tão pequeno que pode ser desprezado.) Qual é a velocidade média do carrinho no percurso de ida e volta, ou seja, desde a altura inicial até voltar à mesma altura?

**86** Um motociclista que está se movendo ao longo do eixo  $x$  na direção leste tem uma aceleração dada

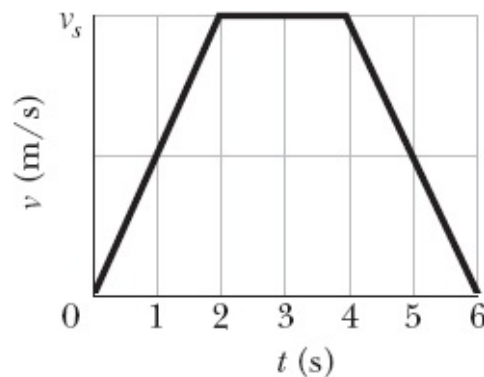
por  $a = (6,1 - 1,2t) \text{ m/s}^2$  para  $0 \leq t \leq 6,0 \text{ s}$ . Em  $t = 0$ , a velocidade e a posição do ciclista são  $2,7 \text{ m/s}$  e  $7,3 \text{ m}$ . (a) Qual é a velocidade máxima atingida pelo ciclista? (b) Qual é a distância percorrida pelo ciclista entre  $t = 0$  e  $t = 6,0 \text{ s}$ ?

**87** Quando a velocidade máxima permitida na New York Thruway foi aumentada de 55 milhas por hora para 65 milhas por hora, quanto tempo foi economizado por um motorista que dirigiu 700 km entre a entrada de Buffalo e a saída da cidade de Nova York na velocidade máxima permitida?

**88** Um carro que se move com aceleração constante percorreu em  $6,00 \text{ s}$  a distância de  $60,0 \text{ m}$  que separa dois pontos. A velocidade do carro ao passar pelo segundo ponto era  $15,0 \text{ m/s}$ . (a) Qual era a velocidade no primeiro ponto? (b) Qual era o módulo da aceleração? (c) A que distância do primeiro ponto o carro se encontrava em repouso? (d) Desenhe os gráficos de  $x$  em função de  $t$ , e de  $v$  em função de  $t$  para o carro, desde o repouso ( $t = 0$ ) até o segundo ponto.

**89**  Um malabarista normalmente arremessa bolas verticalmente até uma altura  $H$ . A que altura as bolas devem ser arremessadas para passarem o dobro do tempo no ar?

**90** Uma partícula parte da origem em  $t = 0$  e se move no sentido positivo do eixo  $x$ . O gráfico da velocidade da partícula em função do tempo é mostrado na Fig. 2-46; a escala vertical é definida por  $v_s = 4,0 \text{ m/s}$ . (a) Qual é a coordenada da partícula em  $t = 5,0 \text{ s}$ ? (b) Qual é a velocidade da partícula em  $t = 5,0 \text{ s}$ ? (c) Qual é a aceleração da partícula em  $t = 5,0 \text{ s}$ ? (d) Qual é a velocidade média da partícula entre  $t = 1,0 \text{ s}$  e  $t = 5,0 \text{ s}$ ? (e) Qual é a aceleração média da partícula entre  $t = 1,0 \text{ s}$  e  $t = 5,0 \text{ s}$ ?



**Figura 2-46** Problema 90.

**91** Deixa-se cair uma pedra de um penhasco com  $100 \text{ m}$  de altura. Quanto tempo a pedra leva para cair (a) os primeiros  $50 \text{ m}$  e (b) os  $50 \text{ m}$  seguintes?

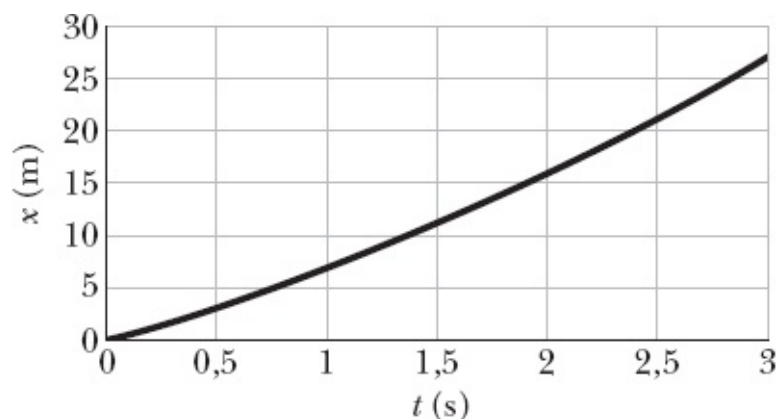
**92** A distância entre duas estações de metrô é  $1100 \text{ m}$ . Se um trem acelera a  $+1,2 \text{ m/s}^2$  a partir do repouso na primeira metade da distância e desacelera a  $-1,2 \text{ m/s}^2$  na segunda metade, (a) qual é o tempo de percurso entre as estações e (b) qual é a velocidade máxima do trem? (c) Desenhe os gráficos de  $x$ ,  $v$ , e  $a$  em função de  $t$  para o percurso entre as duas estações.

**93** Uma pedra é lançada verticalmente para cima. Durante a subida, a pedra passa por um ponto  $A$  com velocidade  $v$  e por um ponto  $B$ ,  $3,00 \text{ m}$  acima de  $A$ , com velocidade  $v/2$ . Calcule (a) a velocidade  $v$  e (b)

a altura máxima alcançada pela pedra acima do ponto  $B$ .

**94** Deixa-se cair uma pedra, sem velocidade inicial, do alto de um edifício de 60 m. A que distância do solo está a pedra 1,2 s antes de chegar ao solo?

**95** Um trenó a vela se move para leste com velocidade constante quando uma rajada de vento produz uma aceleração constante para leste durante 3,0 s. O gráfico de  $x$  em função de  $t$  aparece na Fig. 2-47, em que  $t = 0$  é tomado como o instante em que o vento começou a soprar, e o sentido positivo do eixo  $x$  é para leste. (a) Qual é a aceleração do trenó durante o intervalo de 3,0 s? (b) Qual é a velocidade do trenó no final do intervalo de 3,0 s? (c) Se a aceleração permanece constante por mais 3,0 s, qual é a distância percorrida pelo trenó no segundo intervalo de 3,0 s?



**Figura 2-47** Problema 95.

**96** Deixa-se cair uma bola de chumbo de um trampolim situado 5,20 m acima da superfície da água de um lago. A bola atinge a água com certa velocidade e conserva a mesma velocidade até chegar ao fundo do lago, 4,80 s após começar a cair. (a) Qual é a profundidade do lago? (b) Qual é o módulo e (c) qual é o sentido (para cima ou para baixo) da velocidade média da bola durante a queda? Suponha que toda a água do lago seja drenada. A bola é agora lançada verticalmente, do trampolim, com uma velocidade inicial diferente de zero e novamente chega ao fundo em 4,80 s. (d) Qual é o módulo e (e) qual é o sentido da velocidade inicial da bola?

**97** O cabo que sustenta um elevador de obra, vazio, arrebenta quando o elevador está em repouso no alto de um edifício de 120 m de altura. (a) Com que velocidade o elevador chega ao solo? (b) Qual é o tempo de queda? (c) Qual é a velocidade do elevador ao passar pelo ponto médio da queda? (d) Por quanto tempo o elevador estava caindo ao passar pelo ponto médio?

**98** Dois diamantes são deixados cair da mesma altura, com 1,0 s de intervalo. Quanto tempo, após o primeiro diamante começar a cair, a distância entre os diamantes é 10 m?

**99** Uma bola é lançada verticalmente, para baixo, do alto de um edifício com 36,6 m de altura. A bola passa pela extremidade superior de uma janela que está 12,2 m acima do solo 2,00 s após o lançamento. Qual é a velocidade da bola ao passar pela extremidade superior da janela?

**100** Um paraquedista salta de um avião e percorre 50 m em queda livre. Em seguida, abre o paraquedas e

sofre uma desaceleração constante de  $2,0 \text{ m/s}^2$ , chegando ao solo com uma velocidade de  $3,0 \text{ m/s}$ . (a) Quanto tempo o paraquedista passa no ar? (b) Qual era a altitude do avião no momento do salto?

**101** Uma bola é lançada verticalmente, *para baixo*, de uma altura  $h$ , com uma velocidade inicial  $v_0$ . (a) Qual é a velocidade da bola pouco antes de atingir o solo? (b) Quanto tempo a bola leva para chegar ao solo? (c) Se a bola fosse lançada, *para cima*, da mesma altura e com a mesma velocidade inicial, qual seria a resposta do item (a)? (d) Qual seria a resposta do item (b)? Antes de calcular a resposta, verifique se as respostas dos itens (c) e (d) devem ser maiores que, menores que, ou iguais às dos itens (a) e (b).

**102** O esporte em que uma bola se move mais depressa é o jai alai, no qual a velocidade chega a  $303 \text{ km/h}$ .<sup>1</sup> Se um jogador profissional de jai alai se defronta com uma bola a essa velocidade e pisca involuntariamente, ele deixa de ver a cena por cerca de  $100 \text{ ms}$ . Que distância a bola percorre durante esse piscar de olhos?

**103** Se um lançador de beisebol arremessa a bola com uma velocidade horizontal de  $160 \text{ km/h}$ , quanto tempo a bola leva para chegar à quarta base, que está a  $18,4 \text{ metros}$  de distância?

**104** Um próton se move ao longo do eixo  $x$  de acordo com a equação  $x = 50t + 10t^2$ , em que  $x$  está em metros e  $t$  está em segundos. Calcule (a) a velocidade do próton durante os primeiros  $3,0 \text{ s}$  do percurso, (b) a velocidade instantânea do próton no instante  $t = 3,0 \text{ s}$  e (c) a aceleração instantânea do próton no instante  $t = 3,0 \text{ s}$ . (d) Plote o gráfico de  $x$  em função de  $t$  e mostre como a resposta do item (a) pode ser obtida a partir do gráfico. (e) Indique a resposta do item (b) no gráfico. (f) Plote o gráfico de  $v$  em função de  $t$  e indique a resposta do item (c).

**105** Uma motocicleta está se movendo a  $30 \text{ m/s}$  quando o piloto aciona os freios, aplicando ao veículo uma desaceleração constante. Durante os  $3,0 \text{ s}$  seguintes, a velocidade diminui para  $15 \text{ m/s}$ . Que distância a motocicleta percorre até parar, depois que o piloto aciona os freios?

**106** Um disco de *shuffleboard* é acelerado por um taco, a partir do repouso, até uma velocidade de  $6,0 \text{ m/s}$ , percorrendo uma distância de  $1,8 \text{ m}$ . Em seguida, o disco perde contato com o taco e desacelera a uma taxa constante de  $2,5 \text{ m/s}^2$  até parar. (a) Determine o intervalo de tempo entre o instante em que o disco começa a ser acelerado e o instante em que o disco para. (b) Determine a distância total percorrida pelo disco.

**107** A cabeça de uma cascavel pode sofrer uma aceleração de  $50 \text{ m/s}^2$  no momento em que a cobra dá o bote. Se um carro tivesse a mesma aceleração, quanto tempo levaria para atingir uma velocidade de  $100 \text{ km/h}$  a partir do repouso?

**108** Um avião a jato, de grande porte, precisa atingir uma velocidade de  $360 \text{ km/h}$  para decolar. Qual é a aceleração mínima necessária para o avião decolar de uma pista com  $1,80 \text{ km}$  de comprimento?

**109** Um motorista aumenta a velocidade de  $25 \text{ km/h}$  para  $55 \text{ km/h}$ , a uma taxa constante, em  $0,50 \text{ min}$ . Um ciclista aumenta a velocidade de  $0$  para  $30 \text{ km/h}$ , a uma taxa constante, em  $0,50 \text{ min}$ . Determine (a) a




aceleração do motorista; (b) a aceleração do ciclista.

**110** Um piscar de olhos dura, em média, cerca de 100 ms. Qual é a distância percorrida por um caça MiG-25 “Foxbat” durante um piscar de olhos do piloto se o avião está se movendo a 3400 km/h?

**111** A velocidade máxima de velocista é 11,0 m/s. Se o atleta parte do repouso com aceleração constante, ele atinge a velocidade máxima após percorrer uma distância de 12,0 m e mantém essa velocidade no restante de uma prova de 100 m rasos. (a) Qual é o seu tempo para a prova? (b) Para melhorar o seu tempo, o velocista tenta reduzir a distância necessária para atingir a velocidade máxima. Qual deve ser essa distância para que o atleta complete a prova em 10,0 s?

**112** A velocidade de uma bala é 640 m/s ao sair de uma arma cujo cano tem 1,20 m de comprimento. Supondo que a aceleração da bala é constante, determine quanto tempo a bala passou no cano da arma após o disparo.

**113** O Laboratório de Pesquisa de Gravidade Zero do Centro de Pesquisas Glenn, da NASA, nos Estados Unidos, dispõe de uma torre de queda livre com 145 m de altura. Trata-se de uma torre vertical evacuada na qual, entre outras possibilidades, é possível deixar cair uma esfera de 1 m de diâmetro contendo instrumentos. (a) Quanto tempo a esfera passa em queda livre? (b) Qual é a velocidade da bola ao chegar ao dispositivo de captura, na base da torre? (c) Ao ser capturada, a esfera sofre uma desaceleração média de  $25g$  até parar. Qual é a distância percorrida pela esfera enquanto está sendo freada?

**114**  A distância percorrida, até parar, por um carro esportivo que está a 200 km/h quando o piloto pisa no freio é 170 m. Supondo que a aceleração se mantém constante, determine o módulo da aceleração (a) em unidades do SI e (b) em unidades de  $g$ . (c) Qual é o tempo  $T_p$  que o carro leva para parar a partir do momento em que o piloto pisa no freio? O *tempo de reação*  $T_r$  de um motorista é o tempo que o motorista leva para perceber um perigo e apertar o pedal do freio. Se  $T_r = 400$  ms, (d) qual é o tempo total  $T_t$  que o carro leva para parar quando o motorista percebe um perigo? (e) A maior parte do tempo que o carro leva para parar se deve ao tempo de reação do motorista ou ao tempo de desaceleração? Óculos escuros retardam os sinais visuais recebidos pelo cérebro, aumentando  $T_r$ . (f) No caso extremo em que  $T_r$  aumenta de 100 ms, qual é a distância adicional percorrida pelo carro antes de parar?

**115** Em 1889, em Jubbulpore, Índia, uma disputa de cabo de guerra finalmente terminou após 2 h 41 min, com a equipe vencedora deslocando o centro da corda uma distância de 3,7 m. Qual foi o módulo da velocidade média do centro da corda, em centímetros por minuto, durante a prova?

**116** Um recurso importante para a investigação de acidentes aéreos é a chamada caixa-preta (apesar de ser pintada de laranja), um gravador de dados de voo projetado para resistir a um desastre com uma desaceleração de  $3400g$  durante um intervalo de tempo de 6,50 ms. Nessas condições extremas, se a velocidade da caixa-preta e do avião é nula após 6,50 ms, qual era a velocidade no início do intervalo?

**117** De 26 de janeiro de 1977 a 18 de setembro de 1983, George Meegan, da Grã-Bretanha, caminhou de Ushuaia, no extremo meridional da América do Sul, até Prudhoe Bay, no Alasca, cobrindo uma distância de 30.600 km. Qual foi a velocidade média de Meegan, em metros por segundo, durante o percurso?



**118** Como o plec6ptero n6o bate asas, n6o pode voar. Entretanto, quando o inseto est6 na superf3cie da 6gua, pode navegar usando as asas como velas. Suponha que voc6 esteja estudando plec6pteros que se movem com velocidade constante ao longo de uma dist6ncia determinada. O percurso leva, na m6dia, 7,1 s com as asas estendidas e 25,0 s com as asas recolhidas. (a) Qual 6 a raz6o entre a velocidade com as asas estendidas,  $v_e$ , e a velocidade com as asas recolhidas,  $v_r$ ? (b) Qual 6 a diferen7a, em fun76o de  $v_e$ , entre o tempo que os insetos levam para cobrir os primeiros 2,0 m do percurso com e sem as asas estendidas?

**119** A posi76o de uma part3cula que se move ao longo do eixo  $y$  6 dada por

$$y = (2,0 \text{ cm}) \sin(\pi t/4),$$

em que  $y$  est6 em cent3metros e  $t$  est6 em segundos. (a) Qual 6 a velocidade m6dia da part3cula entre os instantes  $t = 0$  e  $t = 2,0$  s? (b) Qual 6 a velocidade instant6nea da part3cula nos instantes  $t = 0$ ,  $t = 1,0$  s e  $t = 2,0$  s? (c) Qual 6 a acelera76o instant6nea da part3cula entre os instantes  $t = 0$  e  $t = 2,0$  s? (d) Qual 6 a acelera76o instant6nea da part3cula nos instantes  $t = 0$ ,  $t = 1,0$  s e  $t = 2,0$  s?