

8 Em $t = 0$, uma partícula que se move em um eixo x está na posição $x_0 = -20$ m. Os sinais da velocidade inicial v_0 (no instante t_0) e da aceleração constante a da partícula são, respectivamente, para quatro situações: (1) +, +; (2) +, -; (3) -, +; (4) -, -. Em quais das situações a partícula (a) pára momentaneamente, (b) passa pela origem e (c) não passa pela origem?

9 Debruçado no parapeito de uma ponte, você deixa cair um ovo (com velocidade inicial nula) e atira um segundo ovo para baixo. Qual das curvas da Fig. 2-21 corresponde à velocidade $v(t)$ (a) do ovo que caiu, (b) do ovo que foi atirado? (As curvas A e B são paralelas, assim como as curvas C, D e E e as curvas F e G.)

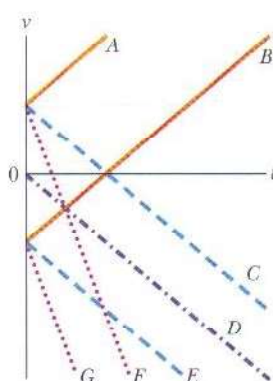


FIG. 2-21 Pergunta 9.

PROBLEMAS

• • • O número de pontos indica o grau de dificuldade do problema

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

seção 2-4 Velocidade Média e Velocidade Escalar Média

•1 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 este percurso de 80 km? (Suponha que o carro se move no sentido positivo de x .) (b) Qual é a velocidade escalar média? (c) Trace o gráfico de x em função de t e mostre como calcular a velocidade média a partir do gráfico.

•2 Um carro sobe uma ladeira com uma velocidade constante de 40 km/h e desce a ladeira com uma velocidade constante de 60 km/h. Calcule a velocidade escalar média da viagem de ida e volta.

•3 Durante um espirro, os olhos podem se fechar por até 0,50 s. Se você está dirigindo um carro a 90 km/h e espirra, de quanto o carro pode se deslocar até você abrir novamente os olhos?

•4 Em 1992, um recorde mundial de velocidade em uma bicicleta foi estabelecido por Chris Huber. Seu tempo para percorrer um trecho de 200 m foi de apenas 6,509 s, ao final do qual ele comentou: "Cogito ergo zoom!" (Penso, logo corro!). Em 2001, Sam Whittingham quebrou o recorde de Huber em 19 km/h. Qual foi o tempo gasto por Whittingham para percorrer os 200 m?

•5 A posição de um objeto que se move ao longo de um eixo x é dada por $x = 3t - 4t^2 + t^3$, onde 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 para o intervalo de tempo de $t = 2$ s a $t = 4$ s? (g) Faça 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 Calcule a 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 3,05 m/s em uma pista reta. (b) Você caminha 1,00 min com 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 como a velocidade média pode ser determinada a partir do gráfico.

•7 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 corre-

dor 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 a qual a conclusão de que o corredor 1 é mais rápido é verdadeira?

••8 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 do carro v_c 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 ? (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?

••9 Você tem que dirigir em uma via expressa para se candidatar a um emprego em outra cidade, a uma distância de 300 km. A entrevista foi marcada para as 11:15 h da manhã. Você planeja dirigir a 100 km/h e parte às 8:00 h da manhã para ter algum tempo de sobra. Você dirige na velocidade planejada durante os primeiros 100 km, depois um trecho da estrada em obras o obriga a reduzir a velocidade para 40 km/h por 40 km. Qual a menor velocidade que você deve manter no resto da viagem para chegar a tempo para a entrevista?

••10 *Situação de pânico.* A Fig. 2-22 mostra uma situação na qual muitas pessoas tentam escapar por uma porta de emergência que está trancada. As pessoas se aproximam da porta com 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. 2-22 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.)

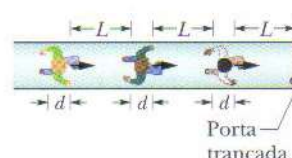


FIG. 2-22 Problema 10.

••11 Dois trens, cada um com velocidade de 30 km/h, trafegam em sentidos opostos na mesma linha férrea retilínea. Um pássaro

capaz de voar a 60 km/h parte da frente de um dos trens, quando eles estão separados por 60 km, e se dirige em linha reta para o outro trem. Ao chegar ao outro trem, o pássaro faz meia-volta e se dirige para o primeiro trem, e assim por diante. (Não temos a menor idéia da razão pela qual o pássaro se comporta desta forma.) Qual é a distância total que o pássaro percorre até os trens colidirem?

•••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 de uma fila de carros, no sentido do movimento dos carros, no sentido oposto ou permanecer estacionária. A Fig. 2-23 mostra uma fila de carros regularmente espaçados que estão se movendo a uma velocidade $v = 25,00$ 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 suponha 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 este valor, quais são (b) a velocidade e (c) o sentido (o sentido do movimento dos carros ou o sentido contrário) da onda de choque?

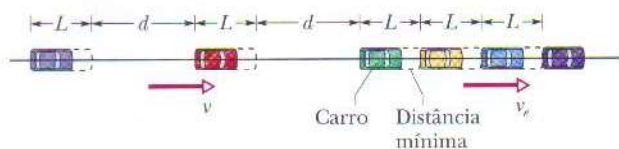


FIG. 2-23 Problema 12.

•••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) do Rio a São Paulo, (b) 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 como a velocidade média pode ser determinada a partir do gráfico.

seção 2-5 Velocidade Instantânea e Velocidade Escalar Instantânea

•14 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 pára (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 o termo $+20t$ ou o termo $-20t$ a $x(t)$? (g) Essa modificação aumenta ou diminui o valor de x para o qual a partícula pára momentaneamente?

•15 (a) Se a posição de uma partícula é dada por $x = 4 - 12t + 3t^2$ (onde 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 posição de um elétron que se move ao longo do eixo x é dada por $x = 16te^{-t}$ m, onde t está em segundos. A que distância está o elétron da origem quando pára momentaneamente?

••17 A posição de uma partícula que se move ao longo do eixo x é dada em centímetros por $x = 9,75 + 1,50t^3$, onde t está 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 suas 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.

seção 2-6 Aceleração

•18 (a) Se a posição de uma partícula é dada por $x = 20t - 5t^3$, onde 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) Trace os gráficos de $x(t)$, $v(t)$ e $a(t)$.

•19 Em um certo instante de tempo, 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 posição de uma partícula que se move ao longo do eixo x é dada por $x = 12t^2 - 2t^3$, onde 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 ela é alcançada? (f) Qual é a velocidade positiva máxima alcançada pela partícula e (g) em que instante de tempo ela 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.

••21 A posição de uma partícula que se desloca ao longo do eixo x varia com o tempo de acordo com a equação $x = ct^2 - bt^3$, onde 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 sejam 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 seu 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.

••22 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 ele caminha em linha reta com uma velocidade de 2,2 m/s. Quais são (a) sua velocidade média $v_{\text{méd}}$ e (b) sua aceleração média $a_{\text{méd}}$ no intervalo de tempo de 2,00 min a 8,00 min? Quais são (c) $v_{\text{méd}}$ e (d) $a_{\text{méd}}$ 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.

seção 2-7 Aceleração Constante: Um Caso Especial

•23 Um elétron possui uma aceleração constante de $+3,2$ m/s². Em um certo instante, sua velocidade é $+9,6$ m/s. Qual é sua velocidade (a) 2,5 s antes e (b) 2,5 s depois do instante considerado?

•24 Um múon (uma partícula elementar) penetra em uma região com uma velocidade de $5,00 \times 10^6$ m/s e passa a ser desacelerado a uma taxa de $1,25 \times 10^{14}$ m/s². (a) Qual é a distância percorrida pelo múon até parar? (b) Trace os gráficos de x em função de t e de v em função de t para o múon.

•25 Suponha que uma nave espacial se move com uma aceleração constante de $9,8$ m/s², 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 $3,0 \times 10^8$ m/s? (b) Que distância a nave percorre nesse tempo?

•26 Em uma estrada seca, um carro com pneus novos é capaz de frear com uma desaceleração constante de $4,92$ m/s². (a) Quanto tempo esse carro, inicialmente se movendo a $24,6$ m/s, leva para parar? (b) Que distância o carro percorre nesse tempo? (c) Trace os gráficos de x em função de t e de v em função de t durante a desaceleração.

•27 Um elétron com velocidade inicial $v_0 = 1,50 \times 10^5$ m/s penetra em uma região de comprimento $L = 1,00$ cm, onde é eletricamente acelerado (Fig. 2-24), e sai dessa região com $v = 5,70 \times 10^6$ m/s. Qual é a aceleração do elétron, supondo que seja constante?



FIG. 2-24 Problema 27.

•28 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 $1,6$ m/s em um lançamento de $5,0$ μm; em seguida, a velocidade é reduzida a zero em $1,00$ mm pelo atrito com o ar. Usando esses dados e supondo que a aceleração é constante, determine a aceleração em unidades de g (a) durante o lançamento; (b) durante a redução de velocidade.

•29 Um veículo elétrico parte do repouso e acelera em linha reta a uma taxa de $2,0$ m/s² até atingir a velocidade de 20 m/s. Em seguida, o veículo desacelera a uma taxa constante de $1,0$ m/s² 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?

•30 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 ?

•31 Uma certa cabina de elevador percorre uma distância máxima de 190 m e atinge uma velocidade máxima de 305 m/min. A cabina pode acelerar a partir do repouso e desacelerar de volta ao repouso a uma taxa de $1,22$ m/s². (a) Qual a distância percorrida pela cabina enquanto acelera a partir do repouso até a velocidade máxima? (b) Quanto tempo a cabina leva para percorrer a distância de 190 m, sem paradas, partindo do repouso e chegando com velocidade zero?

•32 Os freios do seu carro podem produzir uma desaceleração de $5,2$ m/s². (a) Se você dirige a 137 km/h e avista um policial rodoviário, qual é o tempo mínimo necessário para que o carro atinja a velocidade máxima permitida de 90 km/h? (A resposta revela a inutilidade de frear para tentar impedir que sua alta velocidade seja detectada por um radar ou por uma pistola de laser.) (b) Trace os gráficos de x em função de t e de v versus t durante a desaceleração.

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

•34 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 de $+2,25$ m/s². Nos outros três quartos a aceleração passa a ser $-0,750$ m/s². Quais são (a) o tempo necessário para percorrer os 900 m e (b) a velocidade máxima? (c) Trace os gráficos da posição x , da velocidade v e da aceleração a em função do tempo t .

•35 A Fig. 2-25 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?

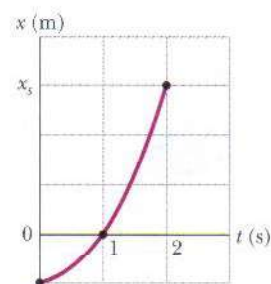


FIG. 2-25 Problema 35.

•36 (a) Se a aceleração máxima que pode ser tolerada pelos passageiros de um metrô é $1,34$ m/s² 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 pára por 20 s em cada estação, qual é a máxima velocidade escalar média do metrô de uma partida à próxima?

•37 Os carros A e B se movem no mesmo sentido em pistas vizinhas. A posição x do carro A é dada na Fig. 2-26, 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 $x = 0$, com uma velocidade de 12 m/s e uma aceleração negativa 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. 2-21. Quantas vezes os carros ficariam lado a lado se o módulo da aceleração a_B fosse (d) maior do que e (e) menor do que o da resposta da parte (a)?

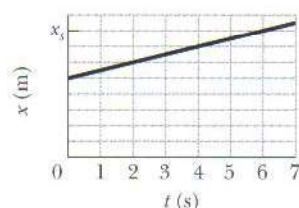


FIG. 2-26 Problema 37.

•38 Você está se aproximando de um sinal de trânsito quando ele fica amarelo. Você está dirigindo na maior velocidade permitida no local, $v_0 = 55$ km/h; o módulo da maior taxa de desaceleração de que o seu carro é capaz é $a = 5,18$ m/s², e o seu tempo de reação para começar a frear é $T = 0,75$ s. Para evitar que a frente do carro invada o cruzamento depois de o sinal mudar para vermelho, você deve frear até parar ou prosseguir a 55 km/h se a distância até o cruzamento e a duração da luz amarela são, respecti-

vamente, (a) 40 m e 2,8 s, e (b) 32 m e 1,8 s? As respostas podem ser frear, prosseguir, ambas (se as duas estratégias funcionam) ou nenhuma (se nenhuma das estratégias funciona).

••39 Dois trens se movem no mesmo trilho quando os condutores subitamente notam que eles estão indo um de encontro ao outro. A Fig. 2-27 mostra as velocidades 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 depois que eles param?

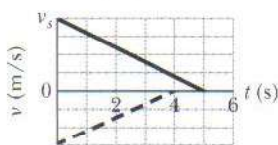


FIG. 2-27 Problema 39.

••40 Na Fig. 2-28, um carro vermelho e um carro verde, iguais exceto pela cor, movem-se um em direção ao outro em pistas vizinhas e paralelas a um eixo x . Em $t = 0$, o carro vermelho está em $x_{\text{vermelho}} = 0$ e o carro verde está em $x_{\text{verde}} = 220$ m. Se o carro vermelho tem uma velocidade constante de 20 km/h, os carros se cruzam em $x = 44,5$ m; se tem uma velocidade constante de 40 km/h, eles se cruzam em $x = 76,6$ m. Quais são (a) a velocidade inicial e (b) a aceleração do carro verde?



FIG. 2-28 Problemas 40 e 41.

••41 A Fig. 2-28 mostra um carro vermelho e um carro verde que se movem um em direção ao outro. A Fig. 2-29 é um gráfico do movimento dos dois carros que mostra suas posições $x_{0\text{verde}} = 270$ m e $x_{0\text{vermelho}} = 35,0$ m no instante $t = 0$. O carro verde tem uma velocidade constante de 20,0 m/s e o carro vermelho parte do repouso. Qual é o módulo da aceleração do carro vermelho?

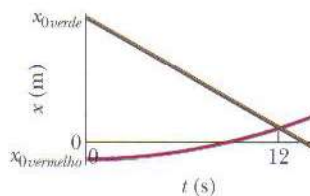


FIG. 2-29 Problema 41.

•••42 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 se encontra a uma distância $D = 676$ m à frente (Fig. 2-30). A locomotiva está se movendo a 29,0 km/h. O maquinista do trem de alta velocidade imediatamente aciona os freios. (a) Qual é o valor mínimo do módulo da desaceleração

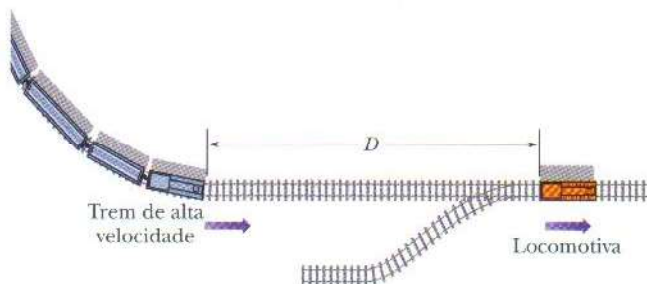


FIG. 2-30 Problema 42.

(suposta constante) para que a colisão não ocorra? (b) Suponha que o maquinista está em $x = 0$ quando, em $t = 0$, avista a locomotiva. Desenhe as curvas de $x(t)$ para a locomotiva e para o trem de alta velocidade para os casos em que a colisão é evitada por pouco e a colisão ocorre por pouco.

•••43 Você está discutindo no telefone celular enquanto segue um carro de polícia não identificado, a 25 m de distância; os dois carros 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 destes 2,0 s o policial começa a frear subitamente a $5,0$ m/s². (a) Qual é a distância entre os dois carros quando você volta a prestar atenção no trânsito? Suponha que você leva outros 0,40 s para perceber o perigo e começar a frear. (b) Se você também freia a $5,0$ m/s², qual é sua velocidade quando você bate no carro de polícia?

seção 2-9 Aceleração em Queda Livre

•44 Gotas de chuva caem 1700 m de uma nuvem até o chão. (a) Se elas não estivessem sujeitas à resistência do ar, qual seria sua velocidade ao atingir o solo? (b) Seria seguro caminhar na chuva?

•45 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.

•46 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?

•47 (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 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 ela atinge a altura de 50 m.

•48 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 do salto?

•49 Um balão de ar quente está subindo a uma taxa de 12 m/s e está a 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 atinge o solo?

••50 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 (b) quando começa os últimos 20% da queda e (c) quando atinge o solo?

••51 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?

••52 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. 2-31 mostra a posição vertical y das duas maçãs em função do tempo durante a queda até a estrada que passa por baixo da ponte. Qual a velocidade aproximada com a qual a maçã 2 foi jogada para baixo?

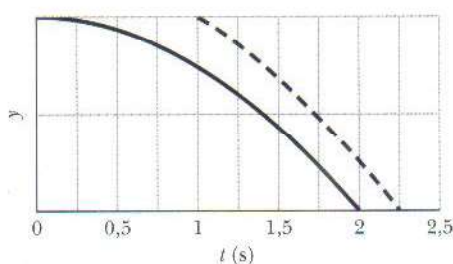


FIG. 2-31 Problema 52.

••53 Quando um balão científico desgarrado está subindo a 19,6 m/s, um dos instrumentos se desprende e cai em queda livre. A Fig. 2-32 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?

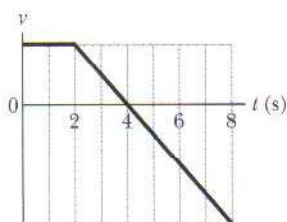


FIG. 2-32 Problema 53.

••54 A Fig. 2-33 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 de 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 .

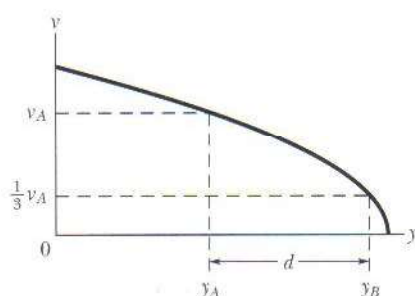


FIG. 2-33 Problema 54.

••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 Deixa-se cair uma pedra 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 foi 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 se deixou cair a primeira pedra.

••57 Para testar a qualidade de uma bola de tênis, você a deixa cair no chão a partir de uma altura de 4,00 m. Depois de quicar, ela 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 e (b) a aceleração média é para cima ou para baixo?

••58 Uma pedra é lançada verticalmente para cima, a partir do solo, no instante $t = 0$. Em $t = 1,5$ s ela ultrapassa o alto de uma

torre; 1,0 s depois, atinge a altura máxima. Qual é a altura da torre?

••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 se encontram (a) a segunda e (b) a terceira gotas?

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

••61 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 2,00 m. Que distância acima do topo da janela o vaso atinge?

••62 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. 2-34, onde 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. Quais são os módulos (a) da aceleração em queda livre no planeta e (b) da velocidade inicial da bola?

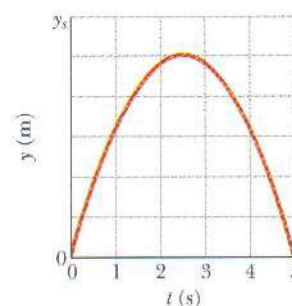


FIG. 2-34 Problema 62.

••63 Uma bola de aço cai do telhado de um edifício e passa por uma janela, levando 0,125 s para passar do alto à base da janela, uma distância correspondente a 1,20 m. A bola quica em uma 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 gasta abaixo da base da janela é de 2,00 s. Qual é a altura do edifício?

••64 Ao pegar um rebote, um jogador de basquete pula 76,0 cm verticalmente. Qual 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 no ar quando saltam?

seção 2-10 Integração de Gráficos em Análise de Movimento

•65 No Exemplo 2-9, qual é a velocidade (a) da cabeça e (b) do tronco, quando a cabeça possui a aceleração máxima?

•66 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 atinge a presa, capturando-a. A Fig. 2-35 mostra o módulo a da aceleração em função do tempo t durante a fase de aceleração do lançamento em uma situação típica. As acelerações indicadas são $a_1 = 400$ m/s² e $a_2 = 100$ m/s². Qual é a velocidade da língua no final da fase de aceleração?

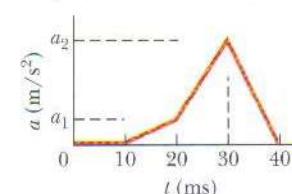


FIG. 2-35 Problema 66.

••67 Que distância percorre em 16 s um corredor cujo gráfico velocidade-tempo é mostrado na Fig. 2-30? A escala vertical do gráfico é definida por $v_s = 8,0$ m.

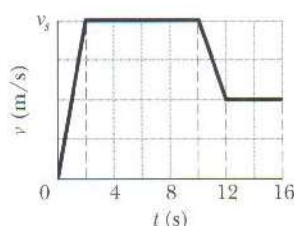


FIG. 2-36 Problema 67.

••68 Em um soco direto, no 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. Qual é a distância percorrida pelo punho desde o início do golpe até (a) o instante $t = 50$ ms e (b) o instante em que a velocidade do punho é máxima?

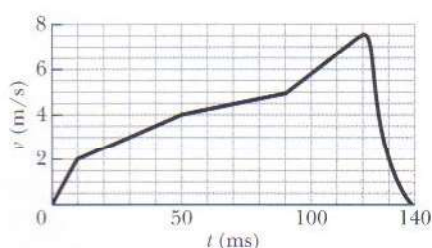


FIG. 2-37 Problema 68.

••69 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. No instante $t = 7,0$ ms, qual é a diferença entre as velocidades da cabeça sem e com capacete?

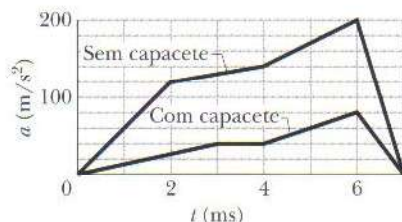


FIG. 2-38 Problema 69.

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

Problemas Adicionais

71 No instante em que um sinal de trânsito fica verde um automóvel começa a se mover com uma aceleração constante a de $2,2$ m/s². No mesmo instante um caminhão, que se move com uma velocidade constante de $9,5$ 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?

72 A Fig. 2-39 mostra parte de uma rua na qual se pretende controlar o tráfego para permitir que um grupo de veículos atravessasse vários cruzamentos sem parar. Suponha que os primeiros carros do grupo tenham acabado de chegar ao cruzamento 2,

onde o sinal abriu quando estavam a uma distância d do cruzamento 2. Eles continuam a se mover a uma 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 foi aberto o sinal do cruzamento 3 deve abrir para que o sinal do cruzamento 3 abra quando os primeiros carros do grupo estão a uma distância d do cruzamento 3?

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

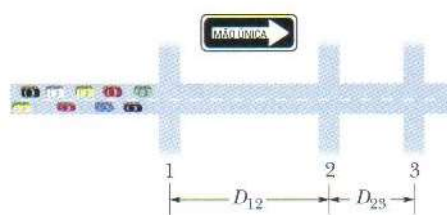


FIG. 2-39 Problema 72.

73 Em um videogame, um ponto é programado para se deslocar na tela de acordo com a função $x = 9,00t - 0,750t^3$, onde 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 extremidades 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 o início do 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 extremidade da tela pela primeira vez?

74 Deixa-se cair uma bola de chumbo em um lago de um trampolim situado $5,20$ m acima da superfície da água. A bola atinge a água com uma certa velocidade e conserva esta velocidade até chegar ao fundo do lago, o que ocorre $4,80$ s após começar a cair. (a) Qual é a profundidade do lago? Quais são (b) o módulo e (c) 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 do trampolim com uma certa velocidade inicial e novamente chega ao fundo em $4,80$ s. Quais são (d) o módulo e (e) o sentido da velocidade inicial da bola?

75 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) De quanto 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?

76 Deixa-se cair dois diamantes da mesma altura, com $1,0$ s de intervalo. Quanto tempo após o primeiro diamante começar a cair a distância entre eles é 10 m?

77 Se um arremessador de beisebol lança uma bola rápida com uma velocidade horizontal de 160 km/h, quanto tempo a bola leva para atingir a base principal, situada a 18,4 m de distância?

78 Um próton está se movendo ao longo do eixo x de acordo com a equação $x = 50t + 10t^2$, onde x está em metros e t em segundos. Calcule (a) a velocidade média do próton durante os primeiros 3,0 s do movimento, (b) a velocidade instantânea do próton em $t = 3,0$ s e (c) a aceleração instantânea do próton em $t = 3,0$ s. (d) Trace o gráfico de x em função de t e mostre como a resposta do item (a) pode ser obtida a partir do gráfico. (e) Obtenha a resposta do item (b) a partir do gráfico. (f) Trace o gráfico de v em função de t e mostre no gráfico a resposta do item (c).

79 Uma motocicleta está se movendo a 30 m/s quando o motociclista aciona os freios, imprimindo à motocicleta uma desaceleração constante. Durante o intervalo de 3,0 s imediatamente após o início da frenagem a velocidade diminui para 15 m/s. Que distância percorre a motocicleta desde o início da frenagem até parar?

80 Um piloto voa horizontalmente a 1300 km/h a uma altura $h = 35$ m acima do 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. 2-40). Se o piloto não mudar a trajetória do avião, em que instante t o avião se chocará com o solo?

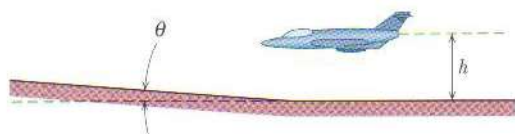


FIG. 2-40 Problema 80.

81 Um jogador de shuffleboard usa um taco para imprimir a um disco uma aceleração constante, a partir do repouso, que faz o disco atingir uma velocidade de 6,0 m/s após percorrer uma distância de 1,8 m. Em seguida, o disco perde contato com o taco e perde velocidade com uma desaceleração constante de 2,5 m/s² até parar. (a) Quando tempo o disco passa em movimento? (b) Qual é a distância percorrida pelo disco?

82 A aceleração da cabeça de uma cobra cascavel ao dar um bote pode chegar a 50 m/s². Se um carro tivesse a mesma aceleração, quanto tempo levaria para atingir a velocidade de 100 km/h a partir do repouso?

83 Um jato comercial deve atingir uma velocidade de 360 km/h para decolar. Qual é a menor aceleração constante necessária para que o avião decole de uma pista com 1,80 km de extensão?

84 Um motorista aumenta a velocidade do carro de 25 km/h para 55 km/h em 0,50 min, mantendo uma aceleração constante. Um ciclista aumenta a velocidade da bicicleta de 0 para 30 km/h em 0,50 min, mantendo uma aceleração constante. Quais são os módulos da (a) aceleração do carro e da (b) aceleração da bicicleta?

85 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 de 24,4 m quando a velocidade inicial é de 48,3 km/h. 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.

86 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 eles 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 m/s². 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.

87 No instante $t = 0$, um alpinista deixa cair um grampo, sem velocidade inicial, do alto de um paredão. Após um curto intervalo de tempo seu companheiro de escada, que está 10 m acima, lança um outro grampo para baixo. A Fig. 2-41 mostra as posições y dos grampos durante a queda em função do tempo t . Com que velocidade o segundo grampo foi lançado?

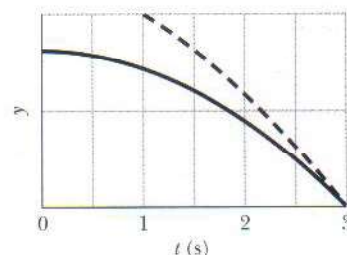


FIG. 2-41 Problema 87.

88 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. Em seguida, após quase se chocar com o edifício, a pedra chega ao solo 6,00 s após ter sido lançada. Em unidades do SI: (a) com que velocidade a pedra foi lançada? (b) Qual a altura máxima atingida pela pedra em relação ao terraço? (c) Qual a altura do edifício?

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

90 Um trem partiu do repouso com aceleração constante. Em um certo 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) Trace 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.

91 Um carro de corrida é capaz de acelerar de 0 a 60 km/h em 5,4 s. (a) Qual é a aceleração média, em m/s², durante este intervalo? (b) Qual é a distância percorrida pelo carro em 5,4 s, supondo que a aceleração seja constante? (c) Quando 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)?

92 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.

93 A Fig. 2-42 mostra um dispositivo simples que pode ser usado para medir o 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. 2-42. Você posiciona o polegar e o indicador no outro ponto (o ponto da esquerda da Fig. 2-42), sem encostar na 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 que 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?)



intervalo de 3,0 s? (c) Se a aceleração permanece constante por mais 3,0 s, qual é a distância percorrida pelo trenó neste segundo intervalo de 3,0 s?

108 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?

109 A velocidade de uma bala de fuzil é de 640 m/s quando a bala sai do cano da arma, que tem 1,20 m de comprimento. Supondo que a aceleração da bala é constante, determine o tempo que a bala permanece no cano da arma após ser disparada.

110 Um pára-quedista salta de um avião e percorre 50 m em queda livre. Em seguida, abre o pára-quedas e sofre uma desaceleração constante de $2,0 \text{ m/s}^2$, chegando ao solo com uma velocidade de 3,0 m/s. (a) Quanto tempo o pára-quedista passa no ar? (b) Qual era a altitude do avião no momento do salto?

111 O Laboratório de Pesquisa de Gravidade Nula, no Centro de Pesquisas Glenn, da NASA, dispõe de uma torre de queda livre com 145 m de altura. Trata-se de uma torre vertical evacuada na qual, entre outras possibilidades, pode-se deixar cair uma esfera com 1 m de diâmetro contendo um conjunto de instrumentos. (a) Durante quanto tempo a esfera passa em queda livre? (b) Qual é a velocidade da esfera imediatamente antes de atingir um dispositivo de captura na base da torre? (c) Ao ser capturada, a esfera sofre uma desaceleração média de $25g$ quando sua velocidade é reduzida a zero. Qual é a distância percorrida pela esfera durante a desaceleração?

112 Uma bola é lançada verticalmente para baixo de uma altura h com uma velocidade inicial v_0 . (a) Qual é a velocidade da bola no momento em que atinge o solo? (b) Quanto tempo a bola leva para chegar ao solo? Quais seriam as respostas (c) do item a e (d) do item b se a bola fosse lançada para cima da mesma altura e com a mesma velocidade inicial? Antes de calcular a resposta, verifique se as respostas dos itens (c) e (d) devem ser maiores, menores ou iguais às dos itens (a) e (b).

113 Um carro que é freado quando está se movendo a 200 km/h em uma auto-estrada percorre 170 m antes de parar. Supondo que a aceleração seja 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 depois que os freios são acionados? O tempo de reação T_r é o tempo que o motorista leva para perceber uma emergência e começar a frear. Se $T_r = 400 \text{ ms}$, (d) quanto vale T_p em unidades de T_r ? (e) Do tempo que o carro leva para parar, a maior parte se deve à reação do motorista ou ao processo de frenagem? Óculos escuros atrasam os sinais visuais enviados dos olhos para o córtex visual no cérebro, aumentando o valor de T_r . (f) No caso extremo em que T_r aumenta de 100 ms, que distância adicional percorre o carro durante o tempo de reação?

114 O esporte em que uma bola se move mais depressa é o jai alai, no qual as velocidades medidas chegam a 303 km/h. Se um jogador profissional de jai alai se defronta com uma bola a essa velocidade e pisca involuntariamente, deixa de ver a cena por cerca de 100 ms. Que distância a bola percorre durante esse piscar de olhos?