

$$m_a = \rho_{\text{SiO}_2} V_p \quad (1-12)$$

Substituindo esta expressão na Eq. 1-10 e substituindo V_p pelo seu valor, dado pela Eq. 1-11, obtemos:

$$\rho_a = \frac{\rho_{\text{SiO}_2}}{V_t} \frac{V_t}{1+e} = \frac{\rho_{\text{SiO}_2}}{1+e}. \quad (1-13)$$

Fazendo $\rho_{\text{SiO}_2} = 2,600 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ e $e = 0,80$ nesta equação, descobrimos que a liquefação acontece quando a massa específica da areia é maior que

$$\rho_a = \frac{2,600 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}{1,80} = 1,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3.$$

(Resposta)

REVISÃO E RESUMO

A Medição na Física A física se baseia na medição de grandezas físicas. Algumas grandezas físicas, como comprimento, tempo e massa, foram escolhidas como **grandezas fundamentais**; cada uma foi definida através de um **padrão** e recebeu uma **unidade** de medida (como metro, segundo e quilograma). Outras grandezas físicas são definidas em termos das grandezas fundamentais e de seus padrões e unidades.

Unidades do SI O sistema de unidades adotado neste livro é o Sistema Internacional de Unidades (SI). As três grandezas físicas mostradas na Tabela 1-1 são usadas nos primeiros capítulos. Os padrões, que têm que ser acessíveis e invariáveis, foram estabelecidos para essas grandezas fundamentais por um acordo internacional. Esses padrões são usados em todas as medições físicas, tanto das grandezas fundamentais quanto das grandezas secundárias. A notação científica e os prefixos da Tabela 1-2 são usados para simplificar a notação das medições.

Mudança de Unidades A conversão de unidades pode ser feita usando o método de *conversão em cadeia*, no qual os dados originais são multiplicados sucessivamente por fatores de conversão unitários e as unidades são manipuladas como

quantidades algébricas até que apenas as unidades desejadas permaneçam.

Comprimento O metro é definido como a distância percorrida pela luz durante um intervalo de tempo especificado.

Tempo O segundo é definido em termos das oscilações da luz emitida por um isótopo de um certo elemento químico (césio-133). Sinais de tempo precisos são enviados a todo o mundo através de sinais de rádio sincronizados por relógios atômicos em laboratórios de padronização.

Massa O quilograma é definido em termos de um padrão de massa de platina-irídio mantido em um laboratório nas vizinhanças de Paris. Para medições em escala atômica é comumente usada a unidade de massa atômica, definida em termos do átomo de carbono-12.

Massa específica A massa específica ρ de uma substância é a massa por unidade de volume:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1-8)$$

PROBLEMAS

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

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

seção 1-5 Comprimento

- 1 O micrômetro ($1 \mu\text{m}$) também é chamado de *mícron*. (a) Quantos mícrons tem $1,0 \text{ km}$? (b) Que fração do centímetro é igual a $1,0 \mu\text{m}$? (c) Quantos mícrons tem uma jarda?

- 2 As dimensões das letras e espaços de um livro são expressas em termos de pontos e paicas: 12 pontos = 1 paica e 6 paicas = 1 polegada. Se em uma das provas do livro uma figura apareceu deslocada de 0,80 em relação à posição correta, qual foi o deslocamento (a) em paicas e (b) em pontos?

- 3 Em um certo hipódromo da Inglaterra, um páreo foi disputado em uma distância de 4,0 furlongs. Qual é a distância da corrida em (a) varas e (b) cadeias? (1 furlong = $201,168 \text{ m}$, 1 vara = $5,092 \text{ m}$ e uma cadeia = $20,117 \text{ m}$.)

- 4 Um *gry* é uma antiga medida inglesa de comprimento, definida como $1/10$ de uma linha; *linha* é uma outra medida inglesa de comprimento, definida como $1/12$ de uma polegada. Uma medida comum usada nas editoras é o *ponto*, definido como $1/72$ de uma

polegada. Quanto vale uma área de $0,50 \text{ gry}^2$ em pontos quadrados (points²)?

- 5 A Terra tem a forma aproximada de uma esfera com $6,37 \times 10^6 \text{ m}$. Determine (a) a circunferência da Terra em quilômetros, (b) a área da superfície da Terra em quilômetros quadrados e (c) o volume da Terra em quilômetros cúbicos.

- 6 A ponte de Harvard, que liga o MIT às sociedades estudantis através do rio Charles, tem um comprimento de 364,4 smoots mais uma orelha. A unidade de um smoot se baseia no comprimento de Oliver Reed Smoot, Jr., classe de 1962, que foi carregado ou arrastado pela ponte para que outros membros da sociedade Lambda Chi Alpha pudessem marcar (com tinta) comprimentos de 1 Smoot ao longo da ponte. As marcas têm sido refeitas semestralmente por membros da sociedade, normalmente em horários de pico, para que a polícia não possa interferir facilmente. (Os policiais podem ter ficado aborrecidos porque o Smoot não é uma unidade fundamental do SI, mas hoje em dia

parecem ter aceito a unidade.) A Fig. 1-4 mostra três segmentos de reta paralelos medidas em Smoots (S), Willies (W) e Zeldas (Z). Quanto vale uma distância de 50,0 Smoots (a) em Willies e (b) em Zeldas?

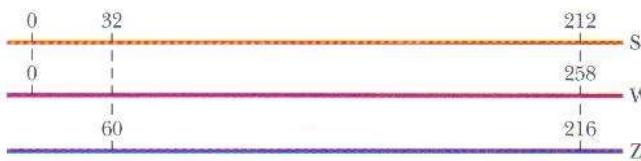


FIG. 1-4 Problema 6.

••7 A Antártica é aproximadamente semicircular, com um raio de 2000 km (Fig. 1-5). A espessura média da cobertura de gelo é de 3000 m. Quantos centímetros cúbicos de gelo contém a Antártica? (Ignore a curvatura da Terra.)

••8 Hoje em dia, as conversões de unidades mais comuns podem ser feitas com o auxílio de calculadoras e computadores, mas é importante que o aluno saiba usar uma tabela de conversão como as do Apêndice D. A Tabela 1-6 é parte de uma tabela de conversão para um sistema de medidas de volume que já foi comum na Espanha; um volume de 1 fanega equivale a 55,501 dm³ (decímetros cúbicos). Para completar a tabela, que números (com três algarismos significativos) devem ser inseridos (a) na coluna de cahiz, (b) na coluna de fanegas, (c) na coluna de cuartillas e (d) na coluna de almudes? Expressse 7,00 almudes em (e) medios, (f) cahizes e (g) centímetros cúbicos (cm³).



FIG. 1-5 Problema 7.

sar com uma companhia agradável, mas uma dolorosa seqüência de microssegundos se for passado com uma companhia desagradável. Quantos microssegundos existem em um fortnight?

•12 Um tempo de aula (50 min) é aproximadamente igual a 1 microsséculo. (a) Qual é a duração de um microsséculo em minutos? (b) Usando a relação

$$\text{erro percentual} = \left(\frac{\text{real} - \text{aproximado}}{\text{real}} \right) 100,$$

determine o erro percentual dessa aproximação.

•13 Por cerca de 10 anos após a Revolução Francesa o governo francês tentou basear as medidas de tempo em múltiplos de dez: uma semana tinha 10 dias, um dia tinha 10 horas, uma hora consistia em 100 minutos e um minuto consistia em 100 segundos. Quais são as razões (a) da semana decimal francesa para a semana comum e (b) do segundo decimal francês para o segundo comum?

•14 Os padrões de tempo são baseados atualmente em relógios atômicos. Um padrão promissor para o segundo é baseado em *pulsares*, que são estrelas de nêutrons (estrelas altamente compactas compostas apenas de nêutrons) que possuem um movimento de rotação. Alguns pulsares giram com velocidade constante, produzindo um sinal de rádio que passa pela superfície da Terra uma vez a cada rotação, como o feixe de luz de um farol. O pulsar PSR 1937+21 é um exemplo; ele gira uma vez a cada 1,557 806 448 872 75 ± 3 ms, em que o símbolo ±3 indica a incerteza na última casa decimal (*não significa* ±3 ms). (a) Quantas rotações o PSR 1937+21 executa em 7,00 dias? (b) Quanto tempo o pulsar leva para girar exatamente um milhão de vezes, e (c) qual é a incerteza associada?

•15 Três relógios digitais, *A*, *B* e *C*, funcionam com velocidades diferentes e não têm leituras simultâneas de zero. A Fig. 1-6 mostra leituras simultâneas de pares dos relógios em quatro ocasiões. (Na primeira ocasião, por exemplo, *B* indica 25,0 s e *C* indica 92,0 s.) Se o intervalo entre dois eventos é de 600 s, de acordo com o relógio *A*, qual é o intervalo entre os eventos (a) no relógio *B* e (b) no relógio *C*? (c) Quando o relógio *A* indica 400 s, qual é a indicação do relógio *B*? (d) Quando o relógio *C* indica 15,0 s, qual é a indicação do relógio *B*? (Suponha que as leituras são negativas para instantes anteriores a zero.)

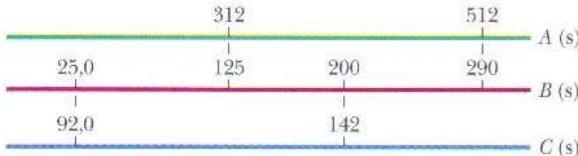


FIG. 1-6 Problema 15.

TABELA 1-6

Problema 8

	cahiz	fanegas	cuartillas	almudes	medios
1 cahiz =	1	12	48	144	288
1 fanega =		1	4	12	24
1 cuartilla =			1	3	6
1 almude =				1	2
1 medio =					1

••9 Os engenheiros hidráulicos dos Estados Unidos usam frequentemente, como unidade de volume de água, o *acre-pé*, definido como um volume de água suficiente para cobrir 1 acre de terra até uma profundidade de 1 pé. Uma forte tempestade despejou 2,0 polegadas de chuva em 30 min em uma cidade com uma área de 26 km². Que volume de água, em acres-pés, caiu sobre a cidade?

seção 1-6 Tempo

•10 A planta de crescimento mais rápido de que se tem notícia é uma *Hesperoyucca whipplei*, que cresceu 3,7 m em 14 dias. Qual foi a velocidade de crescimento da planta em micrômetros por segundo?

•11 O fortnight é uma simpática medida inglesa de tempo igual a 2,0 semanas (a palavra é uma contração de “fourteen nights”, ou seja, quatorze noites). Pode ser um tempo adequado para pas-

sar com uma companhia agradável, mas uma dolorosa seqüência de microssegundos se for passado com uma companhia desagradável. Quantos microssegundos existem em um fortnight?

•12 Um tempo de aula (50 min) é aproximadamente igual a 1 microsséculo. (a) Qual é a duração de um microsséculo em minutos? (b) Usando a relação

•13 Por cerca de 10 anos após a Revolução Francesa o governo francês tentou basear as medidas de tempo em múltiplos de dez: uma semana tinha 10 dias, um dia tinha 10 horas, uma hora consistia em 100 minutos e um minuto consistia em 100 segundos. Quais são as razões (a) da semana decimal francesa para a semana comum e (b) do segundo decimal francês para o segundo comum?

•14 Os padrões de tempo são baseados atualmente em relógios atômicos. Um padrão promissor para o segundo é baseado em *pulsares*, que são estrelas de nêutrons (estrelas altamente compactas compostas apenas de nêutrons) que possuem um movimento de rotação. Alguns pulsares giram com velocidade constante, produzindo um sinal de rádio que passa pela superfície da Terra uma vez a cada rotação, como o feixe de luz de um farol. O pulsar PSR 1937+21 é um exemplo; ele gira uma vez a cada 1,557 806 448 872 75 ± 3 ms, em que o símbolo ±3 indica a incerteza na última casa decimal (*não significa* ±3 ms). (a) Quantas rotações o PSR 1937+21 executa em 7,00 dias? (b) Quanto tempo o pulsar leva para girar exatamente um milhão de vezes, e (c) qual é a incerteza associada?

•15 Três relógios digitais, *A*, *B* e *C*, funcionam com velocidades diferentes e não têm leituras simultâneas de zero. A Fig. 1-6 mostra leituras simultâneas de pares dos relógios em quatro ocasiões. (Na primeira ocasião, por exemplo, *B* indica 25,0 s e *C* indica 92,0 s.) Se o intervalo entre dois eventos é de 600 s, de acordo com o relógio *A*, qual é o intervalo entre os eventos (a) no relógio *B* e (b) no relógio *C*? (c) Quando o relógio *A* indica 400 s, qual é a indicação do relógio *B*? (d) Quando o relógio *C* indica 15,0 s, qual é a indicação do relógio *B*? (Suponha que as leituras são negativas para instantes anteriores a zero.)

Relógio	Dom.	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sáb.
A	12:36:40	12:36:56	12:37:12	12:37:27	12:37:44	12:37:59	12:38:14
B	11:59:59	12:00:02	11:59:57	12:00:07	12:00:02	11:59:56	12:00:03
C	15:50:45	15:51:43	15:52:41	15:53:39	15:54:37	15:55:35	15:56:33
D	12:03:59	12:02:52	12:01:45	12:00:38	11:59:31	11:58:24	11:57:17
E	12:03:59	12:02:49	12:01:54	12:01:52	12:01:32	12:01:22	12:01:12

••18 Como a velocidade de rotação da Terra está diminuindo gradualmente, a duração dos dias está aumentando: o dia no final de 1,0 século é 1,0 ms mais longo que o dia no início do século. Qual é o aumento da duração do dia após 20 séculos?

••19 Suponha que você está deitado na praia, perto do equador, vendo o Sol se pôr em um mar calmo, e liga um cronômetro no momento em que o Sol desaparece. Em seguida, você se levanta, deslocando os olhos para cima de uma distância $H = 1,70\text{ m}$, e desliga o cronômetro no momento em que o Sol volta a desaparecer. Se o tempo indicado pelo cronômetro é $t = 11,1\text{ s}$, qual é o raio da Terra?

seção 1-7 Massa

•20 O ouro, que tem uma massa específica de $19,32\text{ g/cm}^3$, é um metal extremamente dúctil e maleável, isto é, pode ser transformado em fios ou folhas muito finas. (a) Se uma amostra de ouro, com uma massa de $27,63\text{ g}$, é prensada até se tornar uma folha com $1,000\text{ }\mu\text{m}$ de espessura, qual é a área dessa folha? (b) Se, em vez disso, o ouro é transformado em um fio cilíndrico com $2,500\text{ }\mu\text{m}$ de raio, qual é o comprimento do fio?

•21 (a) Supondo que a água tenha uma massa específica de exatamente 1 g/cm^3 , determine a massa de um metro cúbico de água em quilogramas. (b) Suponha que são necessárias $10,0\text{ h}$ para drenar um recipiente com 5700 m^3 de água. Qual é a “vazão de massa” da água do recipiente, em quilogramas por segundo?

•22 O recorde para a maior garrafa de vidro foi estabelecido em 1992 por uma equipe de Millville, Nova Jersey, que soprou uma garrafa com um volume de 193 galões americanos. (a) Qual é a diferença entre esse volume e 1,0 milhão de centímetros cúbicos? (b) Se a garrafa fosse enchida com água a uma vazão de $1,8\text{ g/min}$, em quanto tempo estaria cheia? A massa específica da água é de 1000 kg/m^3 .

•23 A Terra tem uma massa de $5,98 \times 10^{24}\text{ kg}$. A massa média dos átomos que compõem a Terra é 40 u. Quantos átomos existem na Terra?

•24 Em um centímetro cúbico de uma nuvem cônico típica existem de 50 a 500 gotas d'água, com um raio típico de $10\text{ }\mu\text{m}$. Para essa faixa de valores, determine os valores mínimo e máximo, respectivamente, das seguintes grandezas: (a) número de metros cúbicos de água numa nuvem cônico cilíndrica com $3,0\text{ km}$ de altura e $1,0\text{ km}$ de raio; (b) número de garrafas de 1 litro que podem ser enchidas com essa quantidade de água; (c) a massa da água contida nessa nuvem, sabendo que a massa específica da água é de 1000 kg/m^3 .

•25 A massa específica do ferro é de $7,87\text{ g/cm}^3$, e a massa de um átomo de ferro é de $9,27 \times 10^{-26}\text{ kg}$. Se os átomos são esféricos e estão densamente compactados, (a) qual é o volume de um átomo de ferro e (b) qual é a distância entre os centros de dois átomos vizinhos?

•26 Um mol de átomos contém $6,02 \times 10^{23}$ átomos. Qual é a ordem de grandeza do número de átomos que existem em um gato grande? As massas de um átomo de hidrogênio, de um átomo

de oxigênio e de um átomo de carbono são 1,0 u, 16 u e 12 u, respectivamente.

••27 Em uma viagem à Malásia você não resiste à tentação e compra um touro que pesa 28,9 piculs no sistema local de unidades de peso: 1 picul = 100 gins, 1 gin = 16 tahils, 1 tahil = 10 chees e 1 chee = 10 hoons. O peso de 1 hoon corresponde a uma massa de $0,3779\text{ g}$. Quando você despacha o boi para casa, que massa deve declarar à alfândega? (Sugestão: Use conversões em cadeia.)

••28 Os grãos de areia das praias da Califórnia são aproximadamente esféricos, com um raio de $50\text{ }\mu\text{m}$, e são feitos de dióxido de silício, que tem uma massa específica de 2600 kg/m^3 . Que massa de grãos de areia possui uma área superficial total (soma das áreas de todas as esferas) igual à área da superfície de um cubo com $1,00\text{ m}$ de aresta?

••29 Durante uma tempestade, parte da encosta de uma montanha, com $2,5\text{ km}$ de largura, $0,80\text{ km}$ de altura ao longo da encosta e $2,0\text{ m}$ de espessura, desliza até um vale em uma avalanche de lama. Suponha que a lama fique distribuída uniformemente em uma área quadrada do vale com $0,40\text{ km}$ de lado e que ela tenha uma massa específica de 1900 kg/m^3 . Qual é a massa da lama existente em uma área de $4,0\text{ m}^2$ do vale?

••30 Despeja-se água em um recipiente que possui um vazamento. A massa m de água no recipiente em função do tempo t é dada por $m = 5,00t^{0.8} - 3,00t + 20,00$ para $t \geq 0$, onde a massa está em gramas e o tempo em segundos. (a) Em que instante a massa de água é máxima? (b) Qual é o valor dessa massa? Qual é taxa de variação da massa, em quilogramas por minuto, (c) em $t = 2,00\text{ s}$ e (d) em $t = 5,00\text{ s}$?

••31 Um recipiente vertical cuja base mede $14,0\text{ cm}$ por $17,0\text{ cm}$ está sendo enchido com barras de chocolate que possuem um volume de 50 mm^3 e uma massa de $0,0200\text{ g}$. Suponha que o espaço vazio entre as barras de chocolate é tão pequeno que pode ser desprezado. Se a altura das barras de chocolate no recipiente aumenta à razão de $0,250\text{ cm/s}$, qual é a taxa de aumento da massa das barras de chocolate no recipiente em quilogramas por minuto?

Problemas Adicionais

32 A Tabela 1-7 mostra algumas unidades antigas de volume de líquidos. Para completar a tabela, que números (com três algarismos significativos) devem ser introduzidos (a) na coluna de weys; (b) na coluna de chaldrons; (c) na coluna de bags; (d) na coluna de pottles; (e) na coluna de gills? (f) O volume de 1 bag equivale a $0,1091\text{ m}^3$. Em uma história antiga, uma feiticeira prepara uma poção mágica em um caldeirão com um volume de $1,5\text{ chaldron}$. Qual é o volume do caldeirão em metros cúbicos?

TABELA 1-7

Problema 32

	weys	chaldrons	bags	pottles	gills
1 wey =	1	10/9	40/3	640	120 240
1 chaldron =					
1 bag =					
1 pottle =					
1 gill =					

33 Uma antiga poesia infantil inglesa diz o seguinte: “Little Miss Muffet sat on a tuffet, eating her curds and whey, when along came a spider who sat down beside her.” (“A pequena

Miss Muffet estava sentada em um banquinho, comendo queijo cottage, quando chegou uma aranha e sentou-se ao seu lado.”) A aranha não se aproximou por causa do queijo, e sim porque Miss Muffet tinha 11 tuffets de moscas secas. O volume de um tuffet é dado por $1 \text{ tuffet} = 2 \text{ pecks} = 0,50 \text{ Imperial bushel}$, em que $1 \text{ Imperial bushel} = 36,3687 \text{ litros (L)}$. Qual era o volume das moscas de Miss Muffet em (a) pecks; (b) Imperial bushels; (c) litros?

34 Um antigo manuscrito revela que um proprietário de terras no tempo do rei Artur possuía 3,00 acres de terra cultivada e uma área para criação de gado de 25,0 perchas por 4,00 perchas. Qual era a área total (a) na antiga unidade de roods e (b) na unidade mais moderna de metros quadrados? 1 acre é uma área de 40 perchas por 4 perchas, 1 rood é uma área de 40 perchas por 1 percha, e 1 percha equivale a 16,5 pés.

35 Um turista americano compra um carro na Inglaterra e o despacha para os Estados Unidos. Um adesivo no carro informa que o consumo de combustível do carro é de 40 milhas por galão na estrada. O turista não sabe que o galão inglês é diferente do galão americano:

$$1 \text{ galão inglês} = 4,545\,963 \text{ L}$$

$$1 \text{ galão americano} = 3,785\,306 \text{ L}$$

Para fazer uma viagem de 750 milhas nos Estados Unidos, de quantos galões de combustível (a) o turista pensa que precisa e (b) o turista realmente precisa?

36 Dois tipos de *barril* foram usados como unidades de volume na década de 1920 nos Estados Unidos. O barril de maçã tinha um volume oficial de 7056 polegadas cúbicas; o barril de cranberry, 5826 polegadas cúbicas. Se um comerciante vende 20 barris de cranberry a um freguês que pensa estar recebendo barris de maçã, qual é a diferença de volume em litros?

37 Uma certa marca de tinta de parede promete uma cobertura de 460 pés quadrados por galão. (a) Expresse este valor em metros quadrados por litro. (b) Expresse este valor em uma unidade do SI (veja os Apêndices A e D). (c) Qual é o inverso da grandeza original e (d) qual é o seu significado físico?

38 Nos Estados Unidos, uma casa de boneca tem uma escala de 1:12 em relação a uma casa de verdade (ou seja, cada comprimento na casa de boneca é 1/12 do comprimento correspondente na casa de verdade), e uma casa em miniatura (uma casa de boneca feita para caber em uma casa de boneca) tem uma escala de 1:144 em relação a uma casa de verdade. Suponha que uma casa de verdade (Fig. 1-7) tem 20 m de comprimento, 12 m de largura, 6,0 m de altura e um telhado inclinado padrão (com o perfil de um triângulo isósceles) de 3,0 m de altura. Qual é o volume, em metros cúbicos, (a) da casa de bonecas e (b) da casa em miniatura correspondente?

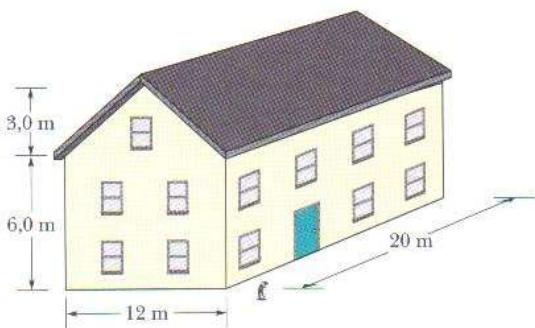


FIG. 1-7 Problema 38.

39 O *cord* é um volume de madeira cortada correspondente a uma pilha de 8 pés de comprimento, 4 pés de largura e 4 pés de altura. Quantos cords existem em $1,0 \text{ m}^3$ de madeira?

40 Uma molécula de água (H_2O) contém dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio. Um átomo de hidrogênio tem uma massa de 1,0 u, e um átomo de oxigênio tem uma massa de 16 u, aproximadamente. (a) Qual é a massa de uma molécula de água em quilogramas? (b) Quantas moléculas de água existem nos oceanos da Terra, cuja massa estimada é $1,4 \times 10^{21} \text{ kg}$?

41 A tonelada é uma medida de volume freqüentemente usada no transporte de mercadorias, mas seu uso requer uma certa cautela, pois existem pelo menos três tipos de tonelada: uma *tonelada de deslocamento* é igual a 7 barrels bulk, uma *tonelada de frete* é igual a 8 barrels bulk e uma *tonelada de registro* é igual a 20 barrels bulk. O *barrel bulk* é outra medida de volume: 1 barrel bulk = $0,1415 \text{ m}^3$. Suponha que você esteja analisando um pedido de “73 toneladas” de chocolate M&M e tenha certeza de que o cliente que fez a encomenda usou “tonelada” como unidade de volume (e não como de peso ou de massa, como será discutido no Capítulo 5). Se o cliente estava pensando em toneladas de deslocamento, quantos alqueires americanos em excesso você vai despachar se interpretar equivocadamente o pedido como (a) 73 toneladas de frete e (b) 73 toneladas de registro? ($1 \text{ m}^3 = 28,378 \text{ alqueires americanos}$)

42 O vinho de uma grande festa de casamento será servido em um deslumbrante vaso de vidro lapidado com dimensões internas de $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ (altura). O vaso deve ser enchido até a borda. O vinho pode ser adquirido em garrafas, cujos tamanhos aparecem na tabela a seguir. É mais barato comprar uma garrafa de vinho maior do que o mesmo volume em garrafas menores. (a) Para minimizar o custo, que tamanhos de garrafa devem ser escolhidos e quantas garrafas de cada tamanho devem ser adquiridas? Depois que o vaso é cheio, quanto vinho sobra (b) em número de garrafas normais e (c) em litros?

1 garrafa normal

1 magnum = 2 garrafas normais

1 jeroboão = 4 garrafas normais

1 roboão = 6 garrafas normais

1 matusalém = 8 garrafas padrões

1 salmanasar = 12 garrafas normais

1 baltasar = 16 garrafas normais = $11,356 \text{ L}$

1 nabucodonosor = 20 garrafas normais

43 Um cubo de açúcar típico tem 1 cm de aresta. Qual é o valor da aresta de uma caixa cúbica com capacidade suficiente para conter um mol de cubos de açúcar? (Um mol = $6,02 \times 10^{23}$ unidades.)

44 Usando os dados fornecidos neste capítulo, determine o número de átomos de hidrogênio necessários para obter 1,0 kg de hidrogênio. Um átomo de hidrogênio tem uma massa de 1,0 u.

45 Uma unidade astronômica (UA) é a distância média entre a Terra e o Sol, aproximadamente $1,50 \times 10^8 \text{ km}$. A velocidade da luz é de aproximadamente $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$. Expresse a velocidade da luz em unidades astronômicas por minuto.

46 Que massa de água caiu sobre a cidade no Problema 9? A massa específica da água é $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

47 Uma pessoa que esteja de dieta pode perder 2,3 kg por semana. Expresse a taxa de perda de massa em miligramas por segundo, como se a pessoa pudesse sentir a perda segundo a segundo.

48 A razão *milho-porco* é um termo financeiro usado no mercado de porcos, provavelmente relacionado ao custo de alimentar um porco até que ele seja suficientemente grande para ser vendido. É definida como a razão entre o preço de mercado de um porco com

uma massa de 3,108 slugs e o preço de mercado de um alqueire americano de milho. (A palavra "slug" é derivada de uma antiga palavra alemã que significa "golpear"; este é um dos possíveis significados de "slug" no inglês moderno.) Um alqueire americano equivale a 35,238 L. Se a razão milho-porco está cotada a 5,7 na bolsa de mercadorias, determine o seu valor em unidades métricas de

$$\frac{\text{preço de 1 quilograma de porco}}{\text{preço de 1 litro de milho}}$$

(Sugestão: Consulte a tabela de conversão de unidades de massa do Apêndice D.)

49 Você foi encarregado de preparar um jantar para 400 pessoas em um encontro de apreciadores de comida mexicana. A receita recomenda usar duas pimentas jalapeño em cada porção (uma porção por pessoa). Entretanto, você dispõe apenas de pimentas habanero. O grau de ardência das pimentas é medido em termos da *unidade de calor de scoville* (UCS). Em média, uma pimenta jalapeño tem uma ardência de 4000 UCS e uma pimenta habanero tem uma ardência de 300 000 UCS. Quantas pimentas habanero você deve usar no lugar das pimentas jalapeño da receita para obter o grau de ardência desejado nos 400 pratos do jantar?

50 Uma unidade de área freqüentemente usada na medição de áreas de terrenos é o *hectare*, definido como 10^4 m^2 . Uma mina de carvão a céu aberto consome anualmente 75 hectares de terra até uma profundidade de 26 m. Qual é o volume de terra removido por ano em quilômetros cúbicos?

51 (a) O *shake* é uma unidade de tempo usada informalmente pelos físicos nucleares. Um *shake* é igual a 10^{-8} s . Existem mais *shakes* em um segundo do que segundos em um ano? (b) O homem existe há aproximadamente 10^6 anos, enquanto a idade do universo é cerca de 10^{10} anos. Se a idade do universo é definida como 1 "dia do universo", dividido em "segundos do universo", como um dia comum é dividido em segundos comuns, há quantos segundos do universo o homem existe?

52 Para ter uma idéia da diferença entre o antigo e o moderno e entre o grande e o pequeno, considere o seguinte: na antiga Inglaterra rural, 1 *hide* (entre 100 e 120 acres) era a área de terra necessária para sustentar uma família com um arado durante um ano. (Uma área de 1 acre equivale a 4047 m^2 .) Além disso, 1 *wapentake* era a área de terra necessária para 100 famílias na mesmas condições. Na física quântica, a área da seção de choque de um núcleo (definida através da probabilidade de que uma partícula incidente seja absorvida pelo núcleo) é medida em barns; 1 barn = $1 \times 10^{-28} \text{ m}^2$. (No jargão da física nuclear, se um núcleo é "grande", acertá-lo com uma partícula é tão fácil quanto acertar um tiro em um celeiro.) Qual é a razão entre 25 *wapentakes* e 11 barns?

53 Uma unidade de comprimento tradicional no Japão é o *ken* (1 *ken* = 1,97 m). Determine a razão (a) entre *kens* quadrados e metros quadrados e (b) entre *kens* cúbicos e metros cúbicos. Qual é o volume de um tanque de água cilíndrico com 5,50 *kens* de altura e 3,00 *kens* de raio (c) em *kens* cúbicos e (d) em metros cúbicos?

54 Você foi encarregado de navegar 24,5 milhas para leste, de modo a posicionar seu barco de salvamento exatamente sobre a posição de um navio pirata afundado. Quando os mergulhadores não encontram nenhum sinal do navio, você se comunica com a base e descobre que deveria ter percorrido 24,5 *milhas náuticas*, e não milhas comuns. Use a tabela de conversão de unidades de comprimento do Apêndice D para calcular a distância em quilômetros entre sua posição atual e o local onde o navio pirata afundou.

55 Os degraus de uma escada têm 19 cm de altura e 23 cm de largura. As pesquisas mostram que a escada será mais segura na descida se a largura dos degraus for aumentada para 28 cm. Sabendo que a altura da escada é de 4,57 m, qual será o aumento da distância horizontal coberta pela escada se a modificação da largura dos degraus for executada?

56 A toupeira comum tem uma massa de aproximadamente 75 g, que corresponde a cerca de 7,5 mols de átomos. (Um mol de átomos corresponde a $6,02 \times 10^{23}$ átomos.) Qual é a massa total dos átomos de uma toupeira em unidades de massa atômica (*u*)?

57 A *unidade astronômica* (UA) é a distância média entre a Terra e o Sol, cerca de $92,9 \times 10^6$ milhas. O *parsec* (pc) é a distância para a qual uma distância de 1 UA subtende um ângulo de exatamente 1 segundo de arco (Fig. 1-8). O *ano-luz* é a distância que a luz, viajando no vácuo com uma velocidade de 186 000 milhas por segundo, percorre em 1,0 ano. Expressse a distância entre a Terra e o Sol (a) em parsecs e (b) em anos-luz.

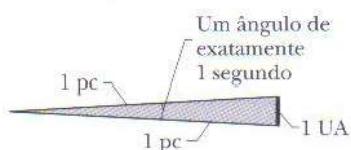


FIG. 1-8 Problema 57.

58 Ao comprar comida para uma reunião de políticos você encomendou erroneamente ostras do Pacífico sem casca de tamanho médio (um pint americano contém 8 a 12 dessas ostras), em vez de ostras do Atlântico sem casca de tamanho médio (um pint americano contém 26 a 38 dessas ostras). As ostras chegaram em uma caixa de isopor cujas dimensões internas são $1,0 \text{ m} \times 12 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$, e um pint americano equivale a 0,4732 litro. Quantas ostras a menos você pediu?

59 O *cúbito* é uma antiga unidade de comprimento baseada na distância entre o cotovelo e a ponta do dedo médio. Suponha que essa distância estivesse entre 43 e 53 cm e que gravuras antigas mostrem que uma coluna cilíndrica tinha 9 *cúbitos* de altura e 2 *cúbitos* de diâmetro. Determine os valores mínimo e máximo, respectivamente, (a) da altura da coluna em metros; (b) da altura da coluna em milímetros; (c) do volume da coluna em metros cúbicos.

60 Um antigo livro de culinária inglesa contém a seguinte receita de sopa de creme de urtiga: "Ferva um caldo com a seguinte quantidade de água: 1 xícara inglesa mais 1 xícara de chá mais 6 colheres de sopa mais uma colher de sobremesa. Usando luvas, separe as folhas de urtiga até que você tenha 0,5 quarto; adicione as folhas ao caldo em ebulição. Adicione uma colher de sopa de arroz cozido e uma colher de sal de sal. Deixe ferver durante 15 minutos". A tabela a seguir fornece fatores de conversão entre antigas medidas inglesas e medidas americanas. (Essas medidas clamaram pela adoção do sistema métrico.) Para medidas de líquidos, 1 colher de chá inglesa = 1 colher de chá americana. Para medidas de sólidos, 1 colher de chá inglesa = 2 colheres de chá americanas, e 1 quart inglês = 1 quart americano. Qual o volume (a) de caldo, (b) de folhas de urtiga, (c) de arroz e (d) de sal usado na receita, em unidades americanas?

Medidas Inglesas Antigas

colher de chá = 2 colheres de sal

colher de sobremesa = 2 colheres de chá

colher de sopa = 2 colheres de sobremesa

xícara de chá = 8 colheres de sopa

xícara inglesa = 2 xícaras de chá

Medidas Americanas

colher de sopa = 3 colheres de chá

meia xícara = 8 colheres de sopa

xícara = 2 meias xícaras

$$v = v_0 + at, \quad (2-11)$$

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2, \quad (2-15)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0), \quad (2-16)$$

$$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 t + v)t, \quad (2-17)$$

$$x - x_0 = vt - \frac{1}{2} a t^2. \quad (2-18)$$

Estas equações não são válidas quando a aceleração não é constante.

Aceleração em Queda Livre Um exemplo importante de movimento retilíneo com aceleração constante é o de um objeto subindo ou caindo livremente nas proximidades da superfície da Terra. As equações para aceleração constante podem ser usadas para descrever este movimento, mas devemos fazer duas mudanças na notação: (1) o movimento é descrito em relação a um eixo vertical y , com $+y$ orientado verticalmente para cima; (2) a aceleração a é substituída por $-g$, onde g é o módulo da aceleração em queda livre. Perto da superfície da Terra, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

PERGUNTAS

- 1** A Fig. 2-15 mostra as trajetórias de quatro objetos de um ponto inicial a um ponto final, todas no mesmo intervalo de tempo. As trajetórias passam por três linhas retas igualmente espaçadas. Coloque as trajetórias na ordem (a) da velocidade média dos objetos e (b) da velocidade escalar média dos objetos, começando pela maior.

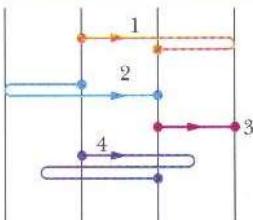


FIG. 2-15 Pergunta 1.

- 2** A Fig. 2-16 é um gráfico da posição de uma partícula em um eixo x em função do tempo. (a) Qual é o sinal da posição da partícula no instante $t = 0$? A velocidade da partícula é positiva, negativa ou nula? (b) em $t = 1 \text{ s}$, (c) em $t = 2 \text{ s}$ e (d) em $t = 3 \text{ s}$? (e) Quantas vezes a partícula passa pelo ponto $x = 0$?

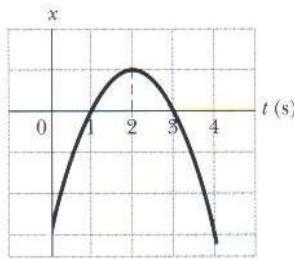


FIG. 2-16 Pergunta 2.

- 3** A Fig. 2-17 mostra a velocidade de uma partícula que se move em um eixo x . Determine (a) o sentido inicial e (b) o sentido final do movimento. (c) A velocidade da partícula se anula em algum instante? (d) A aceleração é positiva ou negativa? (e) A aceleração é constante ou variável?

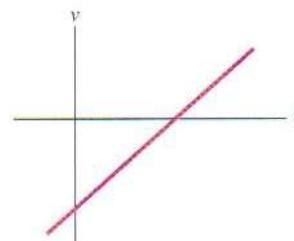


FIG. 2-17 Pergunta 3.

- 4** A Fig. 2-18 mostra a aceleração $a(t)$ de um chihuahua que persegue um pastor alemão sobre um eixo. Em qual dos períodos de tempo indicados o chihuahua se move com velocidade constante?

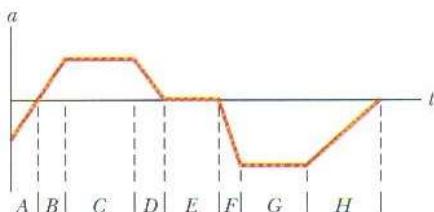


FIG. 2-18 Pergunta 4.

- 5** A Fig. 2-19 mostra a velocidade de uma partícula que se move em um eixo. O ponto 1 é o ponto mais alto da curva; o ponto 4 é o ponto mais baixo; os pontos 2 e 6 estão na mesma altura. Qual é o sentido do movimento (a) no instante $t = 0$ e (b) no ponto 4? (c) Em qual dos seis pontos numerados a partícula inverte o sentido de movimento? (d) Coloque os seis pontos na ordem do módulo da aceleração, começando pelo maior.

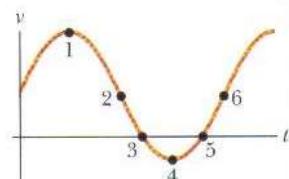


FIG. 2-19 Pergunta 5.

- 6** As seguintes equações fornecem a velocidade $v(t)$ de uma partícula em quatro situações: (a) $v = 3$; (b) $v = 4t^2 + 2t - 6$; (c) $v = 3t - 4$; (d) $v = 5t^2 - 3$. Em quais destas situações as equações da Tabela 2-1 podem ser aplicadas?

- 7** Na Fig. 2-20, uma tangerina é lançada verticalmente para cima e passa por três janelas igualmente espaçadas e de alturas iguais. Coloque as janelas na ordem decrescente (a) da velocidade escalar média da tangerina ao passar por elas, (b) do tempo que a tangerina leva para passar por elas, (c) do módulo da aceleração da tangerina ao passar por elas e (d) da variação Δv da velocidade escalar da tangerina ao passar por elas.

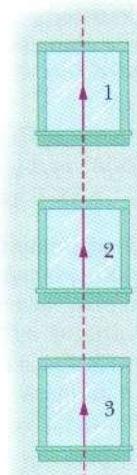


FIG. 2-20 Pergunta 7.

- 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.)

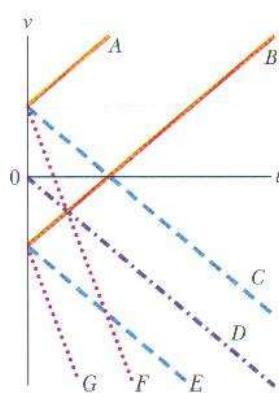


FIG. 2-21 Pergunta 9.

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.)

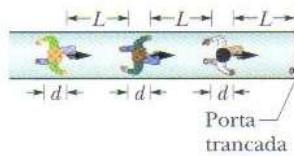


FIG. 2-22 Problema 10.

- 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 $v = 25,00 \text{ m/s}$ em direção a uma fila de carros mais lentos, uniformemente espaçados, que estão se movendo a uma velocidade $v_f = 5,00 \text{ m/s}$. Suponha que cada carro mais rápido acrescenta um comprimento $L = 12,0 \text{ m}$ (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?

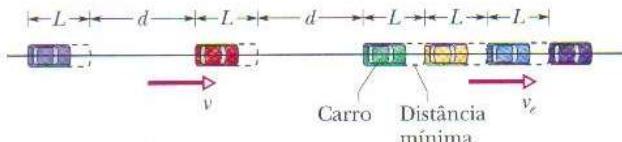


FIG. 2-23 Problema 12.

•••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 $-5 \text{ s} \leq t \leq +5 \text{ s}$. (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 $t = 1 \text{ s}$? (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 $x = 16te^{-t} \text{ m}$, 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 $t = 2,00 \text{ s} \leq t \leq 3,00 \text{ s}$; (b) a velocidade instantânea em $t = 2,00 \text{ s}$; (c) a velocidade instantânea em $t = 3,00 \text{ s}$; (d) a velocidade instantânea em $t = 2,50 \text{ s}$; (e) a velocidade instantânea quando a partícula está na metade da distância entre suas posições em $t = 2,00 \text{ s} \leq t \leq 3,00 \text{ s}$. (f) Pinte 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 $t = 3,0 \text{ s}$. (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 $t = 3,0 \text{ s}$.

•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 $t = 0,0 \text{ s}$ a $t = 4,0 \text{ s}$, (d) qual é a distância percorrida pela partícula e (e) qual é o seu deslocamento? Determine a velocidade da partícula nos instantes (f) $t = 1,0 \text{ s}$, (g) $t = 2,0 \text{ s}$, (h) $t = 3,0 \text{ s}$ e (i) $t = 4,0 \text{ s}$. Determine a aceleração da partícula nos instantes (j) $t = 1,0 \text{ s}$, (k) $t = 2,0 \text{ s}$, (l) $t = 3,0 \text{ s}$ e (m) $t = 4,0 \text{ s}$.

•22 De $t = 0$ a $t = 5,00 \text{ min}$ um homem fica em pé sem se mover; de $t = 5,00 \text{ min}$ a $t = 10,0 \text{ min}$ 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 $+3,2 \text{ m/s}^2$. Em um certo instante, sua velocidade é $+9,6 \text{ m/s}$. Qual é sua velocidade (a) 2,5 s antes e (b) 2,5 s depois do instante considerado?

•24 Um mûon (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/s 2 . (a) Qual é a distância percorrida pelo mûon até parar? (b) Trace os gráficos de x em função de t e de v em função de t para o mûon.

•25 Suponha que uma nave espacial se move com uma aceleração constante de $9,8$ m/s 2 , que dá aos tripulantes a ilusão de uma gravidade normal durante o vôo. (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/s 2 . (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?

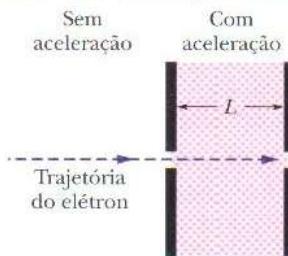


FIG. 2-24 Problema 27.

•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/s 2 até atingir a velocidade de 20 m/s. Em seguida, o veículo desacelera a uma taxa constante de $1,0$ 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?

•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/s 2 . (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/s 2 . (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/s 2 . Nos outros três quartos a aceleração passa a ser $-0,750$ m/s 2 . 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?

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

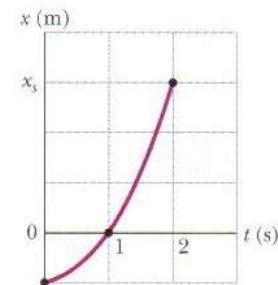


FIG. 2-25 Problema 35.

•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)?

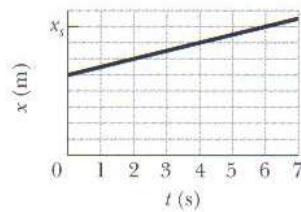


FIG. 2-26 Problema 37.

•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/s 2 , 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, respectivamente,

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 $v_s = 40,0 \text{ m}$. 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?

••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 $x_{\text{verde}} = 220 \text{ m}$. Se o carro vermelho tem uma velocidade constante de 20 km/h, os carros se cruzam em $x = 44,5 \text{ m}$; se tem uma velocidade constante de 40 km/h, eles se cruzam em $x = 76,6 \text{ m}$. Quais são (a) a velocidade inicial e (b) a aceleração do carro verde?

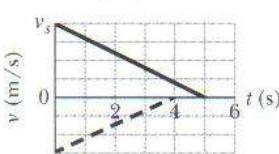


FIG. 2-27 Problema 39.

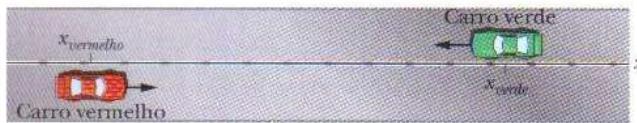


FIG. 2-28 Problemas 40 e 41.

••41 A Fig. 2-29 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 $x_{\text{verde}} = 270 \text{ m}$ e $x_{\text{vermelho}} = 35,0 \text{ m}$ no instante $t = 0$. O carro verde tem uma velocidade constante de $20,0 \text{ m/s}$ e o carro vermelho parte do repouso. Qual é o módulo da aceleração do carro vermelho?

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

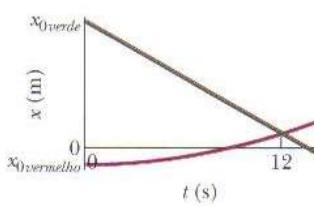


FIG. 2-29 Problema 41.

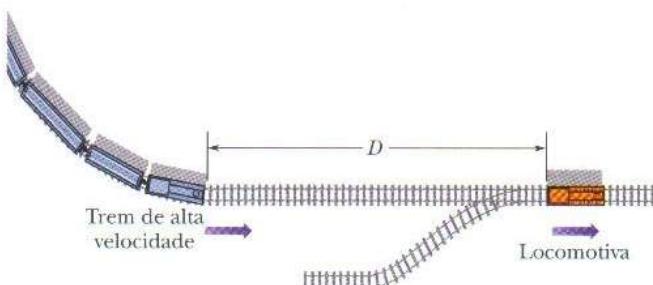


FIG. 2-30 Problema 42.

(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 $2,0 \text{ s}$ (tempo suficiente para você olhar para o telefone e exclamar: "Eu me recuso a fazer isso!"). No início destes $2,0 \text{ s}$ o policial começa a frear subitamente a $5,0 \text{ m/s}^2$. (a) Qual é a distância entre os dois carros quando você volta a prestar atenção no trânsito? Suponha que você leva outros $0,40 \text{ s}$ para perceber o perigo e começar a frear. (b) Se você também freia a $5,0 \text{ m/s}^2$, 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 $12,0 \text{ m/s}$, a partir do telhado de um edifício, $30,0 \text{ m}$ 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 $0,544 \text{ m}$ nos primeiros $0,200 \text{ s}$. (a) Qual é a velocidade do animal ao deixar o solo? (b) Qual é a velocidade na altura de $0,544 \text{ m}$? (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?

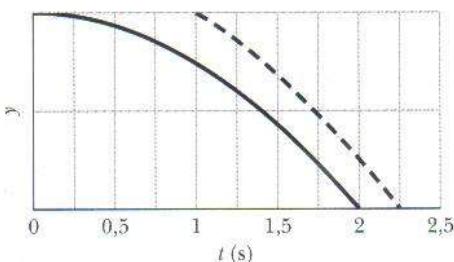


FIG. 2-31 Problema 52.

- 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 desprendeu? (b) A que altura acima do solo o instrumento se desprendeu?

- 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 .

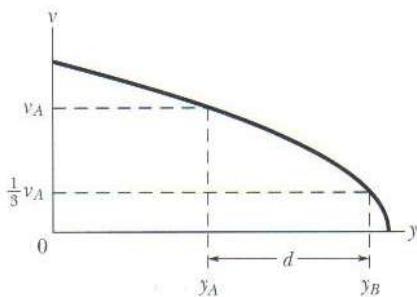


FIG. 2-33 Problema 54.

- 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?

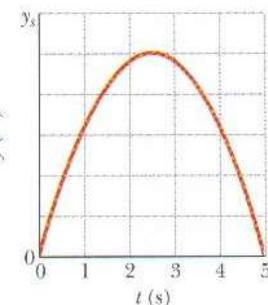


FIG. 2-34 Problema 62.

- 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 $a_1 = 400 \text{ m/s}^2$ e $a_2 = 100 \text{ m/s}^2$. Qual é a velocidade da língua no final da fase de aceleração?

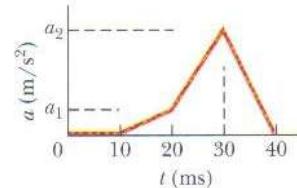


FIG. 2-35 Problema 66.

••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 $v_s = 8,0 \text{ m}$.

••68 Em um soco direto, no círculo, 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 $t = 50 \text{ ms}$ e (b) o instante em que a velocidade do punho é máxima?

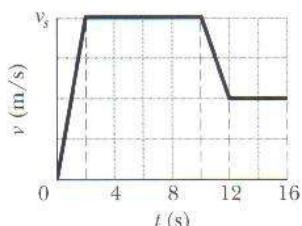


FIG. 2-36 Problema 67.

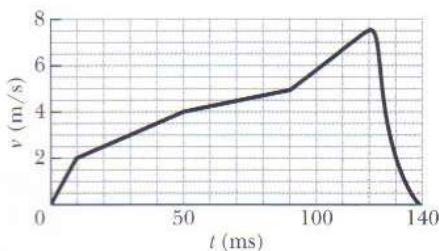


FIG. 2-37 Problema 68.

••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 $t = 7,0 \text{ ms}$, qual é a diferença entre as velocidades da cabeça sem e com capacete?

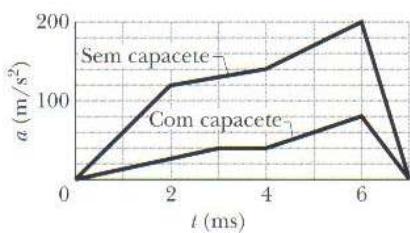


FIG. 2-38 Problema 69.

••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 $2,2 \text{ m/s}^2$. No mesmo instante um caminhão, que se move com 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?

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?

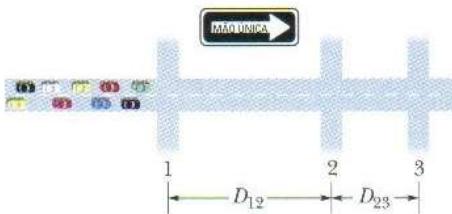


FIG. 2-39 Problema 72.

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 $x = 15,0 \text{ cm}$, 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 $5,20 \text{ m}$ 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 $4,80 \text{ s}$ após começar a cair. (a) Qual é a profundidade do lago? Quais são o (b) 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 $4,80 \text{ s}$. 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 $1,0 \text{ s}$ 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?

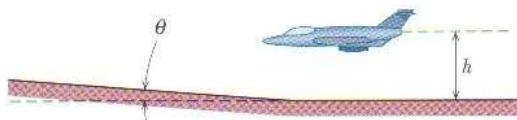


FIG. 2-40 Problema 80.

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 $2,5 \text{ m/s}^2$ 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/s^2 . 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/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.

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 $1,0 \text{ m/s}^2$. 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.

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 escalaada, 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?

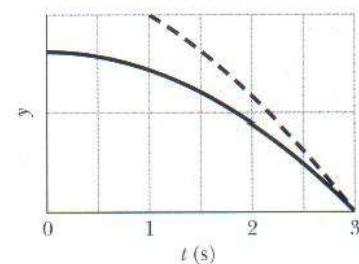


FIG. 2-41 Problema 87.

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/s^2 , 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?)



FIG. 2-42 Problema 93.

94 A Fig. 2-43 mostra a aceleração a em função do tempo t para uma partícula que se move ao longo de um 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 $t = 6,0 \text{ s}$?

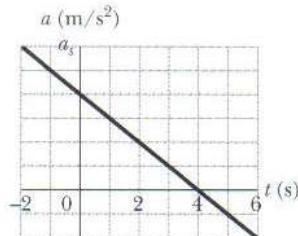


FIG. 2-43 Problema 94.

95 Um vagonete de minério é puxado para o alto de uma encosta a 20 km/h e então 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?

96 A duração de um piscar de olhos é da ordem de 100 ms . Que distância um avião de combate MiG-25 "Foxbat" percorre durante um piscar de olhos do piloto se a velocidade média do avião é 3400 km/h ?

97 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?

98 Um motociclista que está se movendo ao longo de um 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 $t = 6,0 \text{ s}$?

99 Um certo 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?

100 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. Sua velocidade ao passar pelo segundo ponto era de $15,0 \text{ m/s}$. (a) Qual era a velocidade no primeiro ponto? (b) Qual era o módulo da aceleração? (c) A distância do primeiro ponto o carro se encontrava em repouso? (d) Trace os gráficos de x em função de t

e v em função de t para o carro, desde o repouso ($t = 0$) até o segundo ponto.

101 Deixa-se cair uma pedra de um penhasco com 100 m de altura. Quanto tempo a pedra leva para cair (a) os primeiros 50 m e (b) os 50 m seguintes?

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

103 Um certo velocista é capaz de atingir uma velocidade máxima de $11,0 \text{ m/s}$. Se o atleta parte do repouso com aceleração constante, atinge a velocidade máxima após percorrer uma distância de $12,0 \text{ m}$. Em seguida, mantém esta velocidade máxima durante o resto de uma corrida de 100 m . (a) Qual é o tempo do atleta em uma prova de 100 m rasos? (b) Para melhorar o tempo, o corredor tenta diminuir a distância necessária para atingir a velocidade máxima. Qual deve ser essa distância para que ele consiga reduzir o tempo para $10,0 \text{ s}$?

104 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. 2-44; a escala vertical do gráfico 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 $t = 5,0 \text{ s}$?

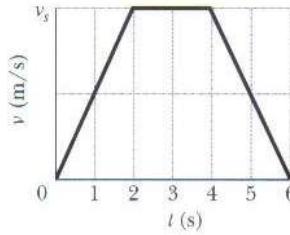


FIG. 2-44 Problema 104.

105 Uma pedra é lançada verticalmente para cima. Durante a subida ela 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 .

106 Deixa-se cair uma pedra, sem velocidade inicial, do alto de um edifício de 60 m . A que distância do solo está a pedra $1,2 \text{ s}$ antes de chegar ao solo?

107 Um trenó a vela está se movendo para leste com velocidade constante quando uma rajada de vento produz uma aceleração constante para leste durante $3,0 \text{ s}$. O gráfico de x em função de t aparece na Fig. 2-45, onde $t = 0$ é tomado como sendo o instante em que o vento começou a soprar, e o sentido positivo do eixo x aponta para leste. (a) Qual é a aceleração do trenó durante o intervalo de $3,0 \text{ s}$? (b) Qual é a velocidade do trenó no final do

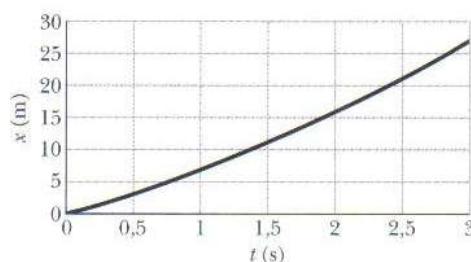


FIG. 2-45 Problema 107.

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? ~~XX~~

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?

Respostas

dos Testes e das Perguntas e Problemas Ímpares

Capítulo 1

- PR** 1. (a) $10^9 \mu\text{m}$; (b) 10^{-4} ; (c) $9,1 \times 10^5 \mu\text{m}$ 3. (a) 160 varas; (b) 40 cadeias 5. (a) $4,00 \times 10^4 \text{ km}$; (b) $5,10 \times 10^8 \text{ km}^2$; (c) $1,08 \times 10^{12} \text{ km}^3$ 7. $1,9 \times 10^{22} \text{ cm}^3$ 9. $1,1 \times 10^3 \text{ acres-pés}$ 11. $1,21 \times 10^{12} \mu\text{s}$ 13. (a) 1,43; (b) 0,864 15. (a) 495 s; (b) 141 s; (c) 198 s; (d) -245 s 17. C, D, A, B, E; o critério importante é a constância dos resultados, e não o seu valor 19. $5,2 \times 10^6 \text{ m}$ 21. (a) $1 \times 10^3 \text{ kg}$; (b) 158 kg/s 23. $9,0 \times 10^{49} \text{ átomos}$ 25. (a) $1,18 \times 10^{-29} \text{ m}^3$; (b) 0,282 nm 27. 1750 kg 29. $1,9 \times 10^5 \text{ kg}$ 31. 1,43 kg/min 33. (a) 22 pecks; (b) 5,5 Imperial bushels; (c) 200 L 35. (a) 18,8 galões; (b) 22,5 galões 37. (a) $11,3 \text{ m}^2/\text{L}$; (b) $1,13 \times 10^4 \text{ m}^{-1}$; (c) $2,17 \times 10^{-3} \text{ pés}^2/\text{galão}$; (d) número de galões para pintar um pé quadrado 39. 0,3 cord 41. (a) 293 alqueires americanos; (b) $3,81 \times 10^3 \text{ alqueires americanos}$ 43. $8 \times 10^2 \text{ km}$ 45. 0,12 UA/min 47. 3,8 mg/s 49. 10,7 pimentas habanero 51. (a) sim; (b) 8,6 segundos do universo 53. (a) 3,88; (b) 7,65; (c) 156 ken³; (d) $1,19 \times 10^3 \text{ m}^3$ 55. 1,2 m 57. (a) $4,9 \times 10^{-6} \text{ parsecs}$; (b) $1,6 \times 10^{-5} \text{ anos-luz}$ 59. (a) 3,9 m, 4,8 m; (b) $3,9 \times 10^3 \text{ mm}$, $4,8 \times 10^3 \text{ mm}$; (c) $2,2 \text{ m}^3$, $4,2 \text{ m}^3$

Capítulo 2

- T** 1. b e c 2. (verifique a derivada dx/dt) (a) 1 e 4; (b) 2 e 3 3. (a) positivo; (b) negativo; (c) negativo; (d) positivo 4. 1 e 4 ($a = d^2x/dt^2$ deve ser constante) 5. (a) positivo (deslocamento para cima ao longo do eixo y); (b) negativo (deslocamento para baixo ao longo do eixo y); (c) $a = -g = -9,8 \text{ m/s}^2$ **P** 1. (a) todas iguais; (b) 4, 1 e 2, 3 3. (a) negativo; (b) positivo; (c) sim; (d) positiva; (e) constante 5. (a) positivo; (b) negativo; (c) 3 e 5; (d) 2 e 6, 3 e 5, 1 e 4 7. (a) 3, 2, 1; (b) 1, 2, 3; (c) todas iguais; (d) 1, 2, 3 9. (a) D; (b) E **PR** 1. (a) +40 km/h; (b) 40 km/h 3. 13 m 5. (a) 0; (b) -2 m; (c) 0; (d) 12 m; (e) +12 m; (f) +7 m/s 7. 1,4 m 9. 128 km/h 11. 60 km 13. (a) 73 km/h; (b) 68 km/h; (c) 70 km/h; (d) 0 15. (a) -6 m/s; (b) no sentido negativo; (c) 6 m/s; (d) diminuindo; (e) 2 s; (f) não 17. (a) 28,5 cm/s; (b) 18,0 cm/s; (c) 40,5 cm/s; (d) 28,1 cm/s; (e) 30,3 cm/s 19. -20 m/s² 21. (a) m/s²; (b) m/s³; (c) 1,0 s; (d) 82 m; (e) -80 m; (f) 0; (g) -12 m/s; (h) -36 m/s; (i) -72 m/s; (j) -6 m/s²; (k) -18 m/s²; (l) -30 m/s²; (m) -42 m/s² 23. (a) +1,6 m/s; (b) +18 m/s 25. (a) $3,1 \times 10^6 \text{ s}$; (b) $4,6 \times 10^{13} \text{ m}$ 27. $1,62 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$ 29. (a) 30 s; (b) 300 m 31. (a) 10,6 m; (b) 41,5 s 33. (a) $3,56 \text{ m/s}^2$; (b) $8,43 \text{ m/s}$ 35. (a) $4,0 \text{ m/s}^2$; (b) positivo 37. (a) $-2,5 \text{ m/s}^2$; (b) 1; (d) 0; (e) 2 39. 40 m 41. $0,90 \text{ m/s}^2$ 43. (a) 15,0 m; (b) 94 km/h 45. (a) 29,4 m; (b) 2,45 s 47. (a) 31 m/s; (b) 6,4 s 49. (a) 5,4 s; (b) 41 m/s 51. 4,0 m/s 53. (a) 20 m; (b) 59 m 55. (a) 857 m/s^2 ; (b) para cima 57. (a) $1,26 \times 10^3 \text{ m/s}^2$; (b) para cima 59. (a) 89 cm; (b) 22 cm 61. 2,34 m 63. 20,4 m 65. (a) 2,25 m/s; (b) 3,90 m/s 67. 100 m 69. 0,56 m/s 71. (a) 82 m; (b) 19 m/s 73. (a) 2,00 s; (b) 12 cm; (c) -9,00 cm/s²; (d) para a direita; (e) para a esquerda; (f) 3,46 s 75. (a) 48,5 m/s; (b) 4,95 s; (c) 34,3 m/s; (d) 3,50 s 77. 414 ms 79. 90 m 81. (a) 3,0 s; (b) 9,0 m 83. 2,78 m/s² 85. (a) 0,74 s; (b) $6,2 \text{ m/s}^2$ 87. 17 m/s 89. +47 m/s 91. (a) $3,1 \text{ m/s}^2$; (b) 45 m; (c) 13 s 93. (a) 1,23 cm; (b) por 4; (c) por 9; (d) por 16; (e) por 25 95. 25 km/h 97. 1,2 h 99. 4H 101. (a) 3,2 s; (b) 1,3 s 103. (a) 10,2 s; (b) 10,0 m 105. (a) 8,85 m/s; (b) 1,00 m 107. (a) $2,0 \text{ m/s}^2$; (b) 12 m/s; (c) 45 m 109. 3,75 ms 111. (a) 5,44 s; (b) 53,3 m/s; (c) 5,80 m

113. (a) $9,08 \text{ m/s}^2$; (b) 0,926 g; (c) 6,12 s; (d) $15,3T$; (e) ao processo de frenagem; (f) 5,56 m

Capítulo 3

- T** 1. (a) 7 m (\vec{a} e \vec{b} no mesmo sentido); (b) 1 m (\vec{a} e \vec{b} em sentidos opostos) 2. c, d, f (a origem da segunda componente deve coincidir com a extremidade da primeira; \vec{a} deve ligar a origem da primeira componente com a extremidade da segunda) 3. (a), +; (b), +, -; (c), +, + (o vetor deve ser traçado da origem de \vec{d}_1 à extremidade de \vec{d}_2) 4. (a) 90° ; (b) 0° (os vetores são paralelos); (c) 180° (os vetores são antiparalelos) 5. (a) 0° ou 180° ; (b) 90° **P** 1. A seqüência \vec{d}_2 , \vec{d}_1 ou a seqüência \vec{d}_2 , \vec{d}_3 , 3. sim, se os vetores forem paralelos 5. (a) sim; (b) sim; (c) não 7. todos, menos (e) 9. (a) $+x$ para (1), $+z$ para (2), $+z$ para (3); (b) $-x$ para (1), $-z$ para (2), $-z$ para (3) **PR** 1. (a) 47,2 m; (b) 122° 3. (a) -2,5 m; (b) -6,9 m 5. (a) 156 km; (b) $39,8^\circ$ a oeste do norte 7. (a) 6,42 m; (b) não; (c) sim; (d) sim; (e) uma possível resposta: $(4,30 \text{ m})\hat{i} + (3,70 \text{ m})\hat{j} + (3,00 \text{ m})\hat{k}$; (f) 7,96 m 9. (a) $(-9,0 \text{ m})\hat{i} + (10 \text{ m})\hat{j}$; (b) 13 m; (c) 132° 11. 4,74 km 13. (a) $(3,0 \text{ m})\hat{i} - (2,0 \text{ m})\hat{j} + (5,0 \text{ m})\hat{k}$; (b) $(5,0 \text{ m})\hat{i} - (4,0 \text{ m})\hat{j} - (3,0 \text{ m})\hat{k}$; (c) $(-5,0 \text{ m})\hat{i} + (4,0 \text{ m})\hat{j} + (3,0 \text{ m})\hat{k}$ 15. (a) -70,0 cm; (b) 80,0 cm; (c) 141 cm; (d) -172° 17. (a) 1,59 m; (b) 12,1 m; (c) 12,2 m; (d) $82,5^\circ$ 19. (a) 38 m; (b) $-37,5^\circ$; (c) 130 m; (d) $1,2^\circ$; (e) 62 m; (f) 130° 21. 5,39 m e $21,8^\circ$ à esquerda ou para a frente 23. 2,6 km 25. 3,2 27. (a) 7,5 cm; (b) 90° ; (c) 8,6 cm; (d) 48° 29. (a) $8\hat{i} + 16\hat{j}$; (b) $2\hat{i} + 4\hat{j}$ 31. (a) $a\hat{i} + a\hat{j} + a\hat{k}$; (b) $-a\hat{i} + a\hat{j} + a\hat{k}$; (c) $a\hat{i} - a\hat{j} + a\hat{k}$; (d) $-a\hat{i} - a\hat{j} + a\hat{k}$; (e) $54,7^\circ$; (f) $3^{0.5}a$ 33. (a) -18,8 unidades; (b) 26,9 unidades, na direção $+z$ 35. (a) -21; (b) -9; (c) $5\hat{i} - 11\hat{j} - 9\hat{k}$ 37. (a) 12; (b) $+z$; (c) 12; (d) $-z$; (e) 12; (f) $+z$ 39. 22° 41. $70,5^\circ$ 43. (a) 3,00 m; (b) 0; (c) 3,46 m; (d) 2,00 m; (e) -5,00 m; (f) 8,66 m; (g) -6,67; (h) 4,33 45. (a) 27,8 m; (b) 13,4 m 47. (a) 30; (b) 52 49. (a) -2,83 m; (b) -2,83 m; (c) 5,00 m; (d) 0; (e) 3,00 m; (f) 5,20 m; (g) 5,17 m; (h) 2,37 m; (i) 5,69 m; (j) 25° ao norte do leste; (k) 5,69 m; (l) 25° ao sul do oeste 51. (a) 103 km; (b) $60,9^\circ$ ao norte do oeste 53. (a) 140° ; (b) $90,0^\circ$; (c) $99,1^\circ$ 55. (a) -83,4; (b) $(1,14 \times 10^3)\hat{k}$; (c) $1,14 \times 10^3$, θ não é definido, $\phi = 0^\circ$; (d) $90,0^\circ$; (e) $-5,14\hat{i} + 6,13\hat{j} + 3,00\hat{k}$; (f) $8,54$, $\theta = 130^\circ$, $\phi = 69,4^\circ$ 57. (a) $3,0 \text{ m}^2$; (b) 52 m^3 ; (c) $(11 \text{ m}^2)\hat{i} + (9,0 \text{ m}^2)\hat{j} + (3,0 \text{ m}^2)\hat{k}$ 59. (a) $+y$; (b) $-y$; (c) 0; (d) 0; (e) $+z$; (f) $-z$; (g) ab ; (h) ab ; (i) ab/d ; (j) $+z$ 61. (a) 0; (b) 0; (c) -1; (d) para oeste; (e) para cima; (f) para oeste 63. Walpole (onde fica a penitenciária estadual) 65. (a) $(9,19 \text{ m})\hat{i}' + (7,71 \text{ m})\hat{j}'$; (b) $(14,0 \text{ m})\hat{i}' + (3,41 \text{ m})\hat{j}'$ 67. (a) $11\hat{i} + 5,0\hat{j} - 7,0\hat{k}$; (b) 120° ; (c) -4,9; (d) 7,3 69. (a) $(-40\hat{i} - 20\hat{j} + 25\hat{k}) \text{ m}$; (b) 45 m 71. 4,1

Capítulo 4

- T** 1. (trace \vec{v} tangente à trajetória, com a origem na trajetória) (a) primeiro; (b) terceiro 2. (calcule a derivada segunda em relação ao tempo) (1) e (3) a_x e a_y são constantes e, portanto, \vec{a} é constante; (2) e (4) a_y é constante mas a_x não é constante e, portanto, \vec{a} não é constante 3. não 4. (a) v_x é constante; (b) v_y é inicialmente positiva, diminui até zero e depois se torna cada vez mais negativa; (c) $a_x = 0$ sempre; (d) $a_y = -g$ sempre 5. (a) $-(4 \text{ m/s})\hat{i}$; (b) $-(8 \text{ m/s}^2)\hat{j}$ **P** 1. (a) $(7 \text{ m})\hat{i} + (1 \text{ m})\hat{j} + (-2 \text{ m})\hat{k}$; (b) $(5 \text{ m})\hat{i} + (-3 \text{ m})\hat{j} + (1 \text{ m})\hat{k}$; (c) $(-2 \text{ m})\hat{i} +$