

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

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  $\rho$  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 Circo 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:  $12 \text{ pontos} = 1 \text{ paica}$  e  $6 \text{ paicas} = 1 \text{ polegada}$ . 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  $4,0 \text{ furlongs}$ . Qual é a distância da corrida em (a) varas e (b) cadeias? ( $1 \text{ furlong} = 201,168 \text{ m}$ ,  $1 \text{ vara} = 5,0292 \text{ m}$  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 ( $\text{points}^2$ )?

•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  $364,4 \text{ smoots}$  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  $1 \text{ Smoot}$  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 medidos em Smoots (S), Willies (W) e Zeldas (Z). Quanto vale uma distância de 50,0 Smoots (a) em Willies e (b) em Zeldas?

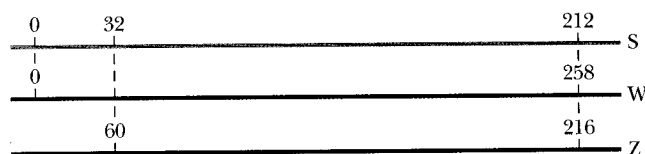


FIG. 1-4 Problema 6.

••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.)



FIG. 1-5 Problema 7.

••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 dm<sup>3</sup> (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? Expresse 7,00 almudes em (e) medios, (f) cahizes e (g) centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>).

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 km<sup>2</sup>. 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 sequência 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.)

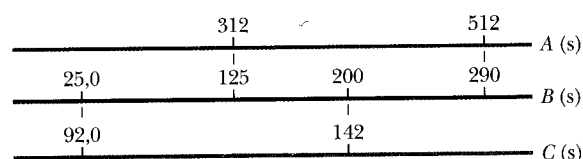


FIG. 1-6 Problema 15.

•16 Até 1913, cada cidade do Brasil tinha sua hora local. Hoje em dia os viajantes acertam o relógio apenas quando a variação de tempo é igual a 1,0 h (o que corresponde a um fuso horário). Que distância, em média, uma pessoa deve percorrer, em graus de longitude, para passar de um fuso horário a outro e ter que acertar o relógio? (*Sugestão:* A Terra gira 360° em aproximadamente 24 h.)

•17 Cinco relógios estão sendo testados em um laboratório. Exatamente ao meio-dia, de acordo com o Observatório Nacional, em dias sucessivos da semana as leituras dos relógios foram anotadas na tabela a seguir. Coloque os relógios em ordem de confiabilidade, começando pelo melhor. Justifique sua escolha.

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  $H = 1,70$  m, e desliga o cronômetro no momento em que o Sol volta a desaparecer. Se o tempo indicado pelo cronômetro é  $t = 11,1$  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 dútil e maleável, isto é, pode ser transformado em fios ou folhas muito finas. (a) Se uma amostra de ouro, com uma massa de  $27,63$  g, é prensada até se tornar uma folha com  $1,000 \mu\text{m}$  de espessura, qual é a área dessa folha? (b) Se, em vez disso, o ouro é transformado em um fio cilíndrico com  $2,500 \mu\text{m}$  de raio, qual é o comprimento do fio?

•21 (a) Supondo que a água tenha uma massa específica de exatamente  $1 \text{ g/cm}^3$ , determine a massa de um metro cúbico de água em quilogramas. (b) Suponha que são necessárias  $10,0$  h para drenar um recipiente com  $5700 \text{ m}^3$  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  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

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

•24 Em um centímetro cúbico de uma nuvem cúmulo típica existem de  $50$  a  $500$  gotas d'água, com um raio típico de  $10 \mu\text{m}$ . Para essa faixa de valores, determine os valores mínimo e máximo, respectivamente, das seguintes grandezas: (a) número de metros cúbicos de água numa nuvem cúmulo 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  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

•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  $1,0 \text{ u}$ ,  $16 \text{ u}$  e  $12 \text{ u}$ , 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:  $1 \text{ picul} = 100 \text{ gins}$ ,  $1 \text{ gin} = 16 \text{ tahils}$ ,  $1 \text{ tahlil} = 10 \text{ chees}$  e  $1 \text{ chee} = 10 \text{ hoons}$ . O peso de  $1 \text{ hoon}$  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  $50 \mu\text{m}$ , e são feitos de dióxido de silício, que tem uma massa específica de  $2600 \text{ kg/m}^3$ . 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  $1900 \text{ kg/m}^3$ . 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  $50 \text{ mm}^3$  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 da gills? (f) O volume de  $1 \text{ bag}$  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