

# Capítulo 1

## Quantidades e Unidades

### INTRODUÇÃO

Uma das responsabilidades de todo cientista consiste em revelar descobertas. Nesse sentido, “revelar” significa que precisamos gerar materiais escritos ou falados que sejam compreendidos, muitas vezes com a apresentação de valores medidos em laboratório. A mensuração desses valores precisa ser efetuada e relatada de acordo com um procedimento padronizado; do contrário, a comunicação não será eficiente.

A química e a física mensuram tipos de *quantidades*, como comprimento, velocidade, volume, massa e energia. Cada medida é expressa por um número e uma unidade. O *número* nos diz quantas unidades estão contidas na quantidade medida. A *unidade* mostra a natureza específica da dimensão – a medição em metros é diferente da medição em litros. *O leitor pode consultar os Apêndices A e B para se familiarizar com expoentes e a notação em potências de dez (Exemplos:  $1 \times 10^4$ ,  $3 \times 10^{-9}$  ou  $10^6$ ) e as regras para algarismos significativos.*

### OS SISTEMAS DE MEDIDA

Cálculos envolvendo grandezas ficam mais simples com a adoção de unidades especiais de referência para cada tipo de medida. Na mecânica, as dimensões de referência são o *comprimento*, a *massa* e o *tempo*. Há também medidas expressas compostas, com base nestas dimensões de referência. Por exemplo, as unidades associadas à velocidade contêm referências ao comprimento e ao tempo – milhas/h ou m/s. Algumas unidades são simples múltiplos da unidade de referência – a área é expressa como o quadrado do comprimento ( $m^2$ ) e o volume como o cubo ( $m^3$ ). Outras dimensões de referência, como aquelas utilizadas para expressar fenômenos elétricos e térmicos, serão apresentadas mais tarde.

Diferentes sistemas de medida são adotados em todo o mundo, o que torna necessária a conversão de medidas entre sistemas (converter polegadas em centímetros ou libras em quilogramas).

### O SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

O Sistema Internacional de Unidades\*, SI, é adotado por diversos organismos internacionais, como a União Internacional de Química Pura e Aplicada, com a meta de padronizar medidas. As unidades de referência do SI para comprimento, massa e tempo são o *metro*, o *quilograma* e o *segundo*, cujos símbolos são m, kg e s, respectivamente.

Múltiplos e submúltiplos são utilizados para representar valores maiores ou menores que a unidade básica (grama, litro, metro, etc.). Esses fatores de multiplicação são compostos pelo número 10 elevado a uma potência definida, como mostra a Tabela 1-1. Esse sistema abole a necessidade de diferentes unidades básicas, como a polegada, o pé, a jarda, ou a onça, o quartilho, o quarto, o galão, etc. A abreviação do múltiplo precede o símbolo da unidade base, sem espaço ou pontuação, como o “m” em mL, de mililitro ( $10^{-3}$  L), por exemplo. Uma vez que, por razões históricas, a unidade de referência para massa, o quilograma, já tem um prefixo, os múltiplos e submúltiplos

\* N. de T.: Instituído em 1960 pela Conferência Geral de Pesos e Medidas, tem como nome original *Système International d’Unités*, no idioma francês.

**Tabela 1-1** Múltiplos e submúltiplos para diversas unidades

| Prefixo | Abreviatura | Submúltiplo | Prefixo | Abreviatura | Múltiplo  |
|---------|-------------|-------------|---------|-------------|-----------|
| deci    | d           | $10^{-1}$   | deca    | da          | 10        |
| centi   | c           | $10^{-2}$   | hecto   | h           | $10^2$    |
| mili    | m           | $10^{-3}$   | quilo   | k           | $10^3$    |
| micro   | $\mu$       | $10^{-6}$   | mega    | M           | $10^6$    |
| nano    | n           | $10^{-9}$   | giga    | G           | $10^9$    |
| pico    | p           | $10^{-12}$  | tera    | T           | $10^{12}$ |
| femto   | f           | $10^{-15}$  | peta    | P           | $10^{15}$ |
| ato     | a           | $10^{-18}$  | exa     | E           | $10^{18}$ |

desta unidade são obtidos acrescentando-se a abreviação à unidade *grama*, não *quilograma*. Por exemplo,  $10^{-9}$  kg é expresso em microgramas, ( $10^{-6}$  g), e abreviado  $\mu\text{g}$ .

As unidades simples podem ser combinadas para formar unidades compostas e passíveis de tratamento matemático.

**Exemplo 1** No SI, a unidade para volume é o metro cúbico ( $\text{m}^3$ ), uma vez que

$$\text{Volume} = \text{comprimento} \times \text{comprimento} \times \text{comprimento} = \text{m} \times \text{m} \times \text{m} = \text{m}^3$$

**Exemplo 2** A unidade para velocidade é uma unidade para comprimento dividida por uma unidade para tempo:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**Exemplo 3** A unidade para densidade é a unidade para massa dividida por uma unidade para volume:

$$\text{Densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Os símbolos para unidades compostas podem ser expressos nos formatos:

- Múltiplos de unidades. Exemplo: *quilograma segundo*.
  - Ponto entre unidades  $\text{kg} \cdot \text{s}$
  - Espaçamento sem ponto  $\text{kg s}$  (*notação não utilizada neste livro*)
- Divisão de unidades. Exemplo: *metro por segundo*.
  - Sinal de divisão  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  (ou  $\text{m/s}$ )
  - Expoente negativo  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  (ou  $\text{m s}^{-1}$ )

Na notação matemática, o termo *por* é equivalente a *dividido por* (veja o item 2(a) acima). Outro aspecto importante é que símbolos não são tratados como abreviaturas, isto é, não são seguidos de ponto, exceto no final de uma frase.

Contudo, há diversas unidades não incluídas no SI que também são amplamente utilizadas. A Tabela 1-2 mostra uma lista de símbolos de grande utilização, tanto do SI quanto não SI. Esses símbolos são adotados neste livro, embora ocorram outros, que serão apresentados nos capítulos subsequentes, conforme a necessidade, para auxiliar na solução de problemas e para fins de clareza.

## A TEMPERATURA

A *temperatura* é definida como a propriedade que define o fluxo de calor em um corpo. Isso significa que dois corpos com temperatura idêntica postos em contato um com o outro não trocam calor. Por outro lado, se dois corpos com temperaturas distintas entrarem em contato, o calor flui do corpo de maior para o de menor temperatura. No SI, a unidade de temperatura é o *kelvin* (K), definido como  $1/236,16$  vezes a temperatura no *ponto triplo*. A temperatura do *ponto triplo* é aquela em que a água no estado líquido está em equilíbrio com a água no estado só-

**Tabela 1-2** Algumas unidades SI e não SI

| Grandeza física | Nome da unidade                  | Símbolo da unidade        | Definição                             |
|-----------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Comprimento     | Angstrom                         | Å                         | $10^{-10}\text{m}$                    |
|                 | polegada                         | in                        | $2,54 \times 10^{-10}\text{m}$        |
|                 | metro (SI)                       | m                         |                                       |
| Área            | metro quadrado (SI)              | $\text{m}^2$              |                                       |
| Volume          | metro cúbico (SI)                | $\text{m}^3$              |                                       |
|                 | litro                            | L                         | $\text{dm}^3, 10^{-3}\text{m}^3$      |
|                 | centímetro cúbico                | $\text{cm}^3, \text{mL}$  |                                       |
| Massa           | unidade de massa atômica         | u                         | $1,66054 \times 10^{-27}\text{kg}$    |
|                 | libra                            | lb                        | $0,45359237\text{kg}$                 |
| Densidade       | quilograma por metro cúbico (SI) | $\text{kg}/\text{m}^3$    |                                       |
|                 | grama por mililitro              | $\text{g}/\text{mL}$ ,    |                                       |
|                 | ou grama por centímetro cúbico   | ou $\text{g}/\text{cm}^3$ |                                       |
| Força           | Newton (SI)                      | N                         | $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ |
| Pressão         | pascal (SI)                      | Pa                        | $\text{N}/\text{m}^2$                 |
|                 | bar                              | bar                       | $10^5\text{Pa}$                       |
|                 | atmosfera                        | atm                       | $101.325\text{Pa}$                    |
|                 | torr (milímetros de mercúrio)    | torr(mm Hg)               | $\text{atm}/760$ ou $133,32\text{Pa}$ |

lido (gelo), em um sistema cuja pressão é a pressão de vapor da própria água. A maioria das pessoas conhece a *temperatura normal de congelamento* da água ( $273,15\text{K}$ ), um pouco abaixo do ponto triplo da água (menor em  $0,01\text{K}$ ). O *ponto de congelamento da água* é a temperatura em que água e gelo coexistem em equilíbrio com ar na pressão atmosférica padrão ( $1\text{atm}$ ).

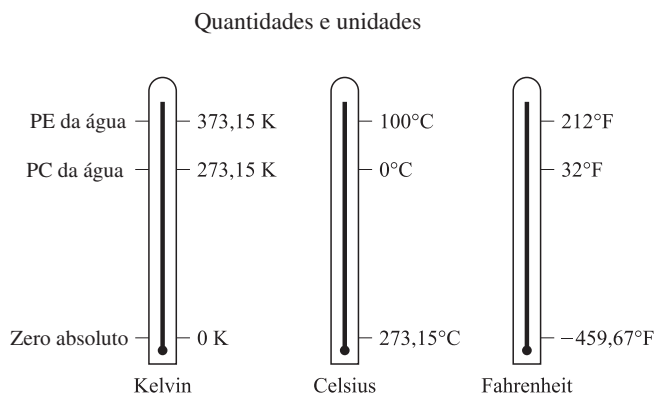
A unidade SI para temperatura é definida de maneira que  $0\text{K}$  é o zero absoluto de temperatura. A escala SI ou Kelvin é muitas vezes chamada *escala de temperatura absoluta*. Embora o zero absoluto não pareça uma realidade palpável, foram alcançados valores da ordem de  $10^{-4}\text{K}$ .

## OUTRAS ESCALAS DE TEMPERATURA

Na escala *Celsius*, no passado chamada de *escala centígrada* e hoje muito utilizada, um grau de temperatura equivale a um grau na escala Kelvin. Nela, o ponto de ebulição normal da água é  $100^\circ\text{C}$ , o ponto de congelamento normal é  $0^\circ\text{C}$  e o zero absoluto é  $-273,15^\circ\text{C}$ .

Na escala *Fahrenheit*, um grau corresponde a exatamente  $5/9\text{K}$ . O ponto de ebulição normal da água é  $212^\circ\text{F}$ , o ponto de congelamento normal é  $32^\circ\text{F}$  e o zero absoluto é  $-459,67^\circ\text{F}$ .

A Figura 1-1 mostra as equivalências entre as três escalas. A conversão entre escalas é feita com as equações abaixo. A equação à direita é um rearranjo da equação à esquerda. Sugerimos que o leitor estude uma equação,

**Figura 1-1**

substitua valores e resolva-a para a incógnita, em vez de passar tempo memorizando duas equações que em essência envolvem cálculos idênticos.

$$K = ^\circ C + 273,15 \quad \text{ou} \quad ^\circ C = K - 273,15$$

$$^\circ F = \frac{9}{5} ^\circ C + 32 \quad \text{ou} \quad ^\circ C = \frac{5}{9} (^\circ F - 32)$$

## O USO E O MAU USO DAS UNIDADES

É muito comum vermos valores associados a medidas sem as respectivas unidades (por exemplo, cm, kg, g/mL, pés/s). Contudo, ao omitirmos unidades, teremos dificuldade para solucionar problemas. Manter as unidades em um problema e prestar a devida atenção a elas à medida que os cálculos evoluem ajuda a verificar se a resposta está apresentada do modo correto. Quando quantidades físicas são submetidas a operações matemáticas, as unidades são transportadas acompanhando os números e passam pelas mesmas operações que eles. Lembre-se de que quantidades não podem ser adicionadas ou subtraídas de modo direto, a menos que sejam da mesma ordem de dimensão e tenham as mesmas unidades. Além disso, as unidades se cancelam reciprocamente em operações de multiplicação e/ou divisão. As unidades da resposta precisam equivaler à natureza das dimensões (por exemplo, comprimento não pode ser expresso em gramas).

**Exemplo 4** Não podemos adicionar 5 horas (tempo) a 20 milhas/h (velocidade), uma vez que *tempo* e *velocidade* têm natureza física diferente. Se precisarmos adicionar 2 lb (massa) e 4 kg (massa), precisamos antes converter libras em quilogramas ou vice-versa. No entanto, diversos tipos de quantidades podem ser combinados na multiplicação ou na divisão, em que *as unidades e também os números* obedecem às leis algébricas da multiplicação, potenciação, divisão e cancelamento. Lembre-se destes conceitos:

1.  $6 \text{ L} + 2 \text{ L} = 8 \text{ L}$
2.  $(5 \text{ cm})(2 \text{ cm}^2) = 10 \text{ cm}^3$
3.  $(3 \text{ pés}^3)(200 \text{ lb/pés}^3) = 600 \text{ lb}$
4.  $(2 \text{ s})(3 \text{ m/s}^2) = 6 \text{ m/s}$
5.  $\frac{15 \text{ g}}{3 \text{ g/cm}^3} = 5 \text{ cm}^3$

## O MÉTODO DA ANÁLISE DIMENSIONAL

Parte da solução de problemas de química consiste em acompanhar o que acontece com as unidades. Nos livros didáticos, esta técnica é chamada de *método do fator rotulado*, de *método do fator unitário* ou de *método da análise dimensional*. Em síntese, a solução do problema começa com as unidades dadas no problema e termina com a obtenção das unidades desejadas com base na multiplicação por um fator chamado *fator unitário*, ou apenas *fator*. O numerador e o denominador do fator precisam representar a mesma quantidade (mL/mL, pés/pés, *não* mL/L ou pés/pol).

**Exemplo 5** Converta 5,00 polegadas em centímetros.

O fator unitário apropriado é 2,54 cm/1 pol. A solução do problema começa com a multiplicação do valor problema de 5 pol pelo fator, com o cancelamento das unidades iguais.

$$5,00 \text{ pol} \times \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pol}} = 12,7 \text{ cm}$$

Observe que as unidades polegada (pol) se cancelam, permanecendo apenas as unidades de centímetro (cm).

**Exemplo 6** Qual é a massa em gramas de sete pregos de um lote que pesa 0,765 kg a grossa?

$$7 \text{ pregos} \times \frac{1 \text{ grossa de pregos}}{144 \text{ pregos}} \times \frac{0,765 \text{ kg}}{1 \text{ grossa de pregos}} \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 37,2 \text{ g}$$

Como no Exemplo 5, acompanhar o cancelamento das unidades ajuda a visualizar a resolução do problema.

A resolução contém um fator unitário de dimensões mistas (0,765 kg/1 grossa de pregos). O fator unitário não é composto de medidas totalmente equivalentes, porque o peso de uma grossa de pregos varia em função do tipo de prego. Os próximos capítulos apresentam muitos exemplos semelhantes de cálculo com unidades.

## A ESTIMATIVA DE RESPOSTAS NUMÉRICAS

Quando solucionamos problemas, pressupomos que a calculadora esteja funcionando do modo adequado, que os números tenham todos sido inseridos na calculadora e que os digitamos corretamente. Porém, consideremos agora que uma ou mais dessas suposições não seja válida. A resposta errada é aceitável? Uma das habilidades mais importantes de um cientista consiste em determinar, por exame visual, se uma resposta está certa ou não. Além disso, tem importância especial a ordem correta de magnitude, representada pela localização da vírgula decimal (ou da potência de 10). Há vezes em que a resposta apresenta os algarismos certos, mas a vírgula decimal está no lugar errado. Um pouco de dedicação para aprender a estimar respostas e alguns segundos gastos nessa finalidade durante a solução de problemas podem aumentar em muito a precisão de um cálculo e, com isso, suas notas escolares.

**Exemplo 7** Considere a multiplicação  $122 \text{ g} \times 0,0518 = 6,32 \text{ g}$ . Com um exame visual, observamos que 0,0518 é um número um pouco maior do que  $1/20$  (0,05); o valor  $1/20$  de 122 é um pouco maior do que 6. Essa relação mostra que a resposta deveria ser um pouco maior que 6 g, como de fato é. Suponhamos que a resposta seja dada como 63,2 g. Ela não é lógica, pois é muito maior que o valor estimado em cerca de 6 g.

Estimativas de uma resposta servem como ideia de um valor aproximado, muitas vezes chamada de *palpite calculado*\*. Na verdade, esses palpites calculados não precisam ser exatos; basta que sejam precisos o bastante para dar uma ideia de onde a vírgula decimal está.

**Exemplo 8** Calcule a potência necessária para elevar 639 kg de massa a 20,74 m de altura em 2,120 minutos. A solução correta é:

$$\frac{639 \text{ kg} \times 20,74 \text{ m} \times 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}}{2,120 \text{ min} \times 60 \text{ s/min}} = 1022 \text{ J/s} = 1022 \text{ watts}$$

Embora talvez não esteja familiarizado com os conceitos e unidades envolvidos neste cálculo, você pode julgar se a resposta é lógica ou não. É possível chegar a um palpite calculado sem esforço, escrevendo todos os termos como potências de dez e com algarismos significativos. Feito isso, combine mentalmente as potências de dez e os multiplicadores em separado, para estimar o resultado:

|             |                                                                            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Numerador:  | $6 \times 10^2 \times 2 \times 10^1 \times 1 \times 10^1 = 12 \times 10^4$ |
| Denominador | $2 \times 6 \times 10^1 = 12 \times 10^1$                                  |
| Num/Den     | $10^3$ ou 1.000 (estimado), em comparação a 1.022 (calculado)              |

## Problemas Resolvidos

### Unidades baseadas em massa ou comprimento

**1.1** Os exemplos abaixo ilustram as conversões possíveis entre diversas unidades de comprimento, volume ou massa:

$$1 \text{ pol} = 2,54 \text{ cm} = 0,0254 \text{ m} = 25,4 \text{ mm} = 2,54 \times 10^7 \text{ nm}$$

$$1 \text{ pé} = 12 \text{ pol} = 12 \text{ pol} \times 2,54 \text{ cm/pol} = 30,48 \text{ cm} = 0,3048 \text{ m} = 304,8 \text{ mm}$$

$$1 \text{ litro} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ milha} = 5280 \text{ pés} = 1,609 \times 10^5 \text{ cm} = 1,609 \times 10^3 \text{ m} = 1,609 \text{ km} = 1,609 \times 10^6 \text{ mm}$$

$$1 \text{ libra} = 0,4536 \text{ kg} = 453,6 \text{ g} = 4,536 \times 10^5 \text{ mg}$$

$$1 \text{ tonelada métrica} = 1.000 \text{ kg} = 10^6 \text{ g (ou } 1 \times 10^6 \text{ g)}$$

\* N. de T.: Em inglês, *guesstimate*, combinação do termo *guess*, palpite, e *estimate*, estimativa.

- 1.2** Converta 3,50 jardas em (a) milímetros, (b) metros. De acordo com a Tabela 1-2, o fator de conversão utilizado entre o sistema inglês e o sistema métrico (SI) é 1 pol/2,54 cm ( $2,54 \times 10^{-2}$  m).

$$(a) \quad 3,50 \text{ jd} \times \frac{36 \text{ pol}}{1 \text{ jd}} \times \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pol}} \times \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 3,20 \times 10^3 \text{ mm}$$

Observe que foi preciso utilizar três fatores de conversão. As unidades jd, pol e cm se cancelam, restando a unidade necessária, mm.

$$(b) \quad 3,20 \times 10^3 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{10^3 \text{ mm}} = 3,20 \text{ m}$$

- 1.3** Converta (a) 14,0 cm e (b) 7,00 m em polegadas.

$$(a) \quad 14,0 \text{ cm} = (14 \text{ cm}) \left( \frac{1 \text{ pol}}{2,54 \text{ cm}} \right) = 5,51 \text{ pol} \quad \text{ou} \quad 14,0 \text{ cm} = \frac{14,0 \text{ cm}}{2,54 \text{ cm/pol}} = 5,51 \text{ pol}$$

O fator de conversão utilizado na primeira parte, (a), é expresso em uma única linha (1 pol/2,54 cm) na parte (b), abaixo. Muitas pessoas consideram essa maneira de expressar a conversão de unidades mais conveniente de redigir e digitar.

$$(b) \quad 7,00 \text{ m} = (7,00 \text{ m})(100 \text{ cm/1 m})(1 \text{ pol/2,54 cm}) = 276 \text{ pol}$$

**Observação:** A última solução acima contém pares de parênteses que na verdade não são imprescindíveis. Neste livro, os autores tomaram a liberdade de utilizar parênteses para ênfase, além do isolamento de números e valores, quando indicado.

- 1.4** Quantas polegadas quadradas existem em um metro quadrado?

Um metro quadrado tem duas dimensões – comprimento e largura ( $A = C \times L$ ). Se calcularmos o comprimento de um metro em polegadas, tudo o que resta fazer é elevar essa medida ao quadrado.

$$1 \text{ m} = (1 \text{ m})(100 \text{ cm/1 m})(1 \text{ pol/2,54 cm}) = 39,37 \text{ pol}$$

$$1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 39,37 \text{ pol} \times 39,37 \text{ pol} = (39,37 \text{ pol})^2 = 1550 \text{ pol}^2$$

Observe que o fator de conversão é uma razão; ele pode ser elevado ao quadrado sem alterar a razão, o que nos leva a outra configuração de solução. Preste atenção especial ao modo como as unidades se cancelam.

$$1 \text{ m}^2 = (1 \text{ m})^2 \left( \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^2 \left( \frac{1 \text{ pol}}{2,54 \text{ cm}} \right)^2 = \frac{(100)^2}{(2,54)^2} \text{ pol}^2 = 1550 \text{ pol}^2$$

- 1.5** (a) Quantos centímetros cúbicos existem em um metro cúbico? (b) Quantos litros existem em um metro cúbico? (c) Quantos centímetros cúbicos existem em um litro?

$$(a) \quad 1 \text{ m}^3 = (1 \text{ m})^3 \left( \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^3 = (100 \text{ cm})^3 = 1.000.000 \text{ cm}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$$

$$(b) \quad 1 \text{ m}^3 = (1 \text{ m})^3 \left( \frac{10 \text{ dm}}{1 \text{ m}} \right)^3 \left( \frac{1 \text{ L}}{1 \text{ dm}^3} \right) = 10^3 \text{ L}$$

$$(c) \quad 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = (1 \text{ dm})^3 \left( \frac{10 \text{ cm}}{1 \text{ dm}} \right)^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$

As respostas também podem ser escritas como  $1 \times 10^6 \text{ cm}^3$ ,  $1 \times 10^3 \text{ L}$  e  $1 \times 10^3 \text{ cm}^3$ , respectivamente.

- 1.6** Calcule a capacidade em litros de um recipiente com 0,6 m de comprimento (C), 10 cm de largura (L) e 50 mm de profundidade (P).

Tendo em mãos as dimensões dadas e sabendo que  $V = C \times L \times P$  (a profundidade é mais tradicionalmente chamada altura), temos apenas de converter as diversas expressões em dm ( $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$ ).

$$\text{Volume} = \text{Comprimento} \times \text{Largura} \times \text{Profundidade}$$

$$\text{Volume} = (0,6 \text{ m}) \left( \frac{10 \text{ dm}}{1 \text{ m}} \right) \times (10 \text{ cm}) \left( \frac{1 \text{ dm}}{10 \text{ cm}} \right) \times (50 \text{ mm}) \left( \frac{1 \text{ dm}}{100 \text{ mm}} \right)$$

$$\text{Volume} = (6 \text{ dm}) \times (1 \text{ dm}) \times (0,5 \text{ dm}) = 3 \text{ dm}^3 = 3 \text{ L}$$

- 1.7** Calcule a massa de 66 lb de enxofre em (a) quilogramas e (b) gramas. (c) Calcule a massa de 3,4 kg de cobre em libras.

$$(a) \quad 66 \text{ lb} = (66 \text{ lb})(0,4536 \text{ kg/lb}) = 30 \text{ kg} \quad \text{ou} \quad 66 \text{ lb} = (66 \text{ lb})(1 \text{ kg}/2,2 \text{ lb}) = 30 \text{ kg}$$

$$(b) \quad 66 \text{ lb} = (66 \text{ lb})(453,6 \text{ g/lb}) = 30.000 \text{ g} \quad \text{ou} \quad 3,0 \times 10^4 \text{ g}$$

$$(c) \quad 3,4 \text{ kg} = (3,4 \text{ kg})(2,2 \text{ lb/kg}) = 7,5 \text{ lb}$$

### Unidades compostas

- 1.8** Os ácidos graxos se espalham espontaneamente na superfície da água, formando um filme monomolecular. Uma solução de benzeno contendo  $0,10 \text{ mm}^3$  de ácido esteárico é despejada em uma bandeja com água. O ácido é insolúvel em água, mas se espalha na superfície, formando um filme contínuo de  $400 \text{ cm}^2$  de área após todo benzeno ter evaporado. Qual é a espessura média do filme em (a) milímetros e (b) angstroms?

$$\text{Uma vez que } 1 \text{ mm}^3 = (10^{-3} \text{ m})^3 = 10^{-9} \text{ m}^3 \quad \text{e} \quad 1 \text{ cm}^2 = (10^{-2} \text{ m})^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$(a) \quad \text{Espessura do filme} = \frac{\text{volume}}{\text{área}} = \frac{(0,10 \text{ mm}^3)(10^{-9} \text{ m}^3/\text{mm}^3)}{(400 \text{ cm}^2)(10^{-4} \text{ m}^2/\text{cm}^2)} = 2,5 \times 10^{-9} \text{ m} = 2,5 \text{ nm}$$

$$(b) \quad \text{Espessura do filme} = 2,5 \times 10^{-9} \text{ m} \times 10^{10} \text{ Å/m} = 25 \text{ Å}$$

- 1.9** Uma atmosfera de pressão é igual a 101,3 kPa. Expresse essa pressão em libras-força (lbf) por polegada quadrada. (Uma libra-força – lbf – equivale a 4,448 N.)

$$1 \text{ atm} = 101,3 \text{ kPa} = \left( \frac{101,3 \times 10^3 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} \right) \left( \frac{1 \text{ lbf}}{4,48 \text{ N}} \right) \left( \frac{2,54 \times 10^{-2} \text{ m}}{1 \text{ pol}} \right)^2 = 14,69 \text{ lbf/pol}^2$$

Observe que o fator de conversão entre metros (m) e polegadas (pol) é elevado ao quadrado, gerando o fator de conversão entre  $\text{m}^2$  e  $\text{pol}^2$ .

- 1.10** Um velocista olímpico percorre 100 m em cerca de 10,0 segundos. Expresse essa velocidade em (a) quilômetros por hora e (b) milhas por hora.

$$(a) \quad \frac{100 \text{ m}}{10,0 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 36,0 \text{ km/h}$$

$$(b) \quad 36,0 \text{ km/h} \times 1 \text{ mi}/1,609 \text{ km} = 22,4 \text{ mi/h}$$

Observe que para solucionar a parte (b) do problema você precisa da parte (a).

- 1.11** Em 1978, os 7,9 milhões de habitantes da cidade de Nova York consumiam 656 litros de água *per capita* ao dia. Quantas toneladas métricas ( $10^3 \text{ kg}$ ) de fluoreto de sódio (45% de flúor em massa) seriam necessárias por ano para dosar essa água com 1 parte (em massa) de flúor por milhão de partes de água, como indicação para o fortalecimento dos dentes? A densidade da água é  $1,000 \text{ g/cm}^3$  ou  $1,000 \text{ kg/L}$ .

Para começar, é preciso calcular a massa de água, em toneladas, consumida ao ano.

$$\left( 7,9 \times 10^6 \text{ pessoas} \right) \left( \frac{656 \text{ L água}}{\text{pessoas} \cdot \text{dia}} \right) \left( \frac{365 \text{ dias}}{\text{ano}} \right) \left( \frac{1 \text{ kg água}}{1 \text{ L água}} \right) \left( \frac{1 \text{ tonelada}}{1000 \text{ kg}} \right) = 1,89 \times 10^9 \frac{\text{toneladas de água}}{\text{ano}}$$

Observe que todas as unidades se cancelam, exceto as toneladas de água ao ano, necessárias para a próxima etapa do cálculo.

Agora, calcule a massa total de fluoreto de sódio, em toneladas, utilizada ao ano.

$$1,89 \times 10^9 \left( \frac{\text{toneladas de água}}{\text{ano}} \right) \left( \frac{1 \text{ tonelada de fluoreto}}{10^6 \text{ toneladas de água}} \right) \left( \frac{1 \text{ tonelada de fluoreto de sódio}}{0,45 \text{ tonelada de flúor}} \right) = 4,2 \times 10^3 \frac{\text{toneladas de fluoreto de sódio}}{\text{ano}}$$

- 1.12** Em uma medição da poluição do ar, a vazão de ar através de um filtro era 26,2 litros por minuto durante 48 h. A acumulação de partículas sólidas nesse período causou um aumento de 0,0241 g na massa do filtro. Expresse a concentração de contaminantes sólidos no ar em microgramas por metro cúbico.

$$\frac{(0,0241 \text{ g})(106 \mu\text{g}/1 \text{ g})}{(48,0 \text{ h})(60 \text{ min/h})(1 \text{ min}/26,2 \text{ L})(1 \text{ L}/1 \text{ dm}^3)(10 \text{ dm}/1 \text{ m})^3} = 319 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

- 1.13** Calcule a densidade, em  $\text{g/cm}^3$ , de um corpo que pesa 420 g (isto é, tem massa de 420 g) e ocupa um volume de  $52 \text{ cm}^3$ .

$$\text{Densidade} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{420 \text{ g}}{52 \text{ cm}^3} = 8,1 \text{ g/cm}^3$$

- 1.14** Expresse a densidade do corpo descrito no problema anterior na unidade padrão do SI,  $\text{kg/m}^3$ .

$$\left( \frac{8,1 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} \right) \left( \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right) \left( \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^3 = 8,1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

- 1.15** Qual o volume ocupado por 300 g de mercúrio? A densidade do mercúrio é  $13,6 \text{ g/cm}^3$ .

$$\text{Volume} = \frac{\text{massa}}{\text{densidade}} = \frac{300 \text{ g}}{13,6 \text{ g/cm}^3} = 22,1 \text{ cm}^3$$

- 1.16** A densidade do ferro fundido é  $7.200 \text{ kg/m}^3$ . Calcule a densidade em libras por pé cúbico.

$$\text{Densidade} = \left( 7200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \left( \frac{1 \text{ lb}}{0,4536 \text{ kg}} \right) \left( \frac{0,3048 \text{ m}}{1 \text{ pé}} \right)^3 = 449 \text{ lb/pés}^3$$

Foram utilizadas as duas conversões do Problema 1.1.

- 1.17** Um disco fundido em uma liga metálica com 0,250 pol de espessura e 1,380 pol de diâmetro pesa 50,0 g. Qual é a densidade da liga em  $\text{g/cm}^3$ ?

$$\text{Volume} = \left( \frac{\pi d^2}{4} \right) h = \left( \frac{\pi (1,380 \text{ pol})^2 (0,250 \text{ pol})}{4} \right) \left( \frac{2,54 \text{ cm}}{1 \text{ pol}} \right)^3 = 6,13 \text{ cm}^3$$

$$\text{Densidade da liga} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{50,0 \text{ g}}{6,13 \text{ cm}^3} = 8,15 \text{ g/cm}^3$$

- 1.18** A densidade do zinco é  $455 \text{ lb/pés}^3$ . Calcule a massa de zinco que ocupa um volume de  $9,00 \text{ cm}^3$ .

Começemos calculando a densidade em  $\text{g/cm}^3$ .

$$\left( 455 \frac{\text{lb}}{\text{pés}^3} \right) \left( \frac{1 \text{ pé}}{30,48 \text{ cm}} \right)^3 \left( \frac{453,6 \text{ g}}{1 \text{ lb}} \right) = 7,29 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Feito isso, determinamos a massa total de zinco.

$$(9,00 \text{ cm}^3)(7,29 \text{ g/cm}^3) = 65,6 \text{ g}$$

- 1.19** O ácido de bateria tem densidade de  $1,285 \text{ g/cm}^3$  e 38% em peso de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Quanto gramas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  puro estão contidos em um litro de ácido?

Se 1 cm<sup>3</sup> de ácido tem massa igual a 1,285 g, então, 1 L de ácido (1.000 cm<sup>3</sup>) tem massa igual a 1.285 g. Uma vez que 38,0% em peso (massa) do ácido são H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> puro, a quantidade de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em 1 L de ácido é

$$0,380 \times 1.285 \text{ g} = 488 \text{ g}$$

A solução acima pode ser expressa formalmente como:

$$\text{Massa de H}_2\text{SO}_4 = (1.285 \text{ g H}_2\text{SO}_4) \left( \frac{38 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g H}_2\text{SO}_4} \right) = 488 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

As informações fornecidas no enunciado permitiram obter um fator de conversão utilizando a relação de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> puro para o teor de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em solução de bateria.

$$\frac{38 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{100 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ solução}}$$

É muito importante observar que esse fator de conversão é válido apenas para as condições enunciadas. Ele indica tão somente que, em cada 100 g desta solução em particular, 38 g são de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, um dado importante tanto para a solução lógica quanto para a solução formal dadas acima. O uso de fatores de conversão específicos e válidos para situações individuais em questão será abordado nos capítulos subsequentes, embora fatores de conversão universais sejam também utilizados conforme a necessidade do problema.

- 1.20** (a) Calcule a massa de HNO<sub>3</sub> puro por cm<sup>3</sup> de uma solução do ácido concentrada com 69,8% em peso de HNO<sub>3</sub> e densidade 1,42 g/cm<sup>3</sup>. (b) Calcule a massa de HNO<sub>3</sub> puro em 60,0 cm<sup>3</sup> de ácido concentrado. (c) Que volume de ácido concentrado contém 63,0 g de HNO<sub>3</sub> puro?

- (a) Sabemos que 1 cm<sup>3</sup> de ácido tem massa 1,42 g. Se 69,8% da massa total do ácido é HNO<sub>3</sub> puro, então o número de gramas de HNO<sub>3</sub> em 1 cm<sup>3</sup> é

$$0,698 \times 1,42 \text{ g} = 0,991 \text{ g}$$

- (b) A massa de HNO<sub>3</sub> em 60,0 cm<sup>3</sup> de ácido = (60,0 cm<sup>3</sup>)(0,991 g/cm<sup>3</sup>) = 59,5 g HNO<sub>3</sub>  
 (c) A massa igual a 63,0 g de HNO<sub>3</sub> está contida em

$$\frac{63,0 \text{ g}}{0,991 \text{ g/cm}^3} = 63,6 \text{ cm}^3 \text{ ácido}$$

## Temperatura

- 1.21** O álcool etílico (a) entra em ebulição a 78,5°C e (b) congela a -117°C na pressão de 1 atm. Converta essas temperaturas em graus Fahrenheit.

Utilize a expressão de conversão:

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}^{\circ}\text{C} + 32$$

(a)  $\left( \frac{9}{5} \times 78,5^{\circ}\text{C} \right) + 32 = 173^{\circ}\text{F}$

(b)  $\left( \frac{9}{5} \times -117^{\circ}\text{C} \right) + 32 = -179^{\circ}\text{F}$

- 1.22** O mercúrio (a) entra em ebulição a 675°F e (b) solidifica a -38,0°F na pressão de 1 atm. Expresse essas temperaturas em graus Celsius.

Utilize a expressão de conversão:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(^{\circ}\text{F} - 32)$$

(a)  $\frac{5}{9}(675 - 32) = 357^{\circ}\text{C}$

(b)  $\frac{5}{9}(-38,0 - 32) = -38,9^{\circ}\text{C}$

**1.23** Converta (a)  $40^{\circ}\text{C}$  e (b)  $-5^{\circ}\text{C}$  na escala Kelvin.

Utilize a expressão de conversão:

$$^{\circ}\text{C} + 273 = \text{K}$$

$$(a) \quad 40^{\circ}\text{C} + 273 = 313 \text{ K}$$

$$(b) \quad -5^{\circ}\text{C} + 273 = 268 \text{ K}$$

**1.24** Converta (a) 220 K e (b) 498 K em graus Celsius.

Utilize a expressão de conversão:

$$\text{K} - 273 = ^{\circ}\text{C}$$

$$(a) \quad 220 \text{ K} - 273 = -53^{\circ}\text{C}$$

$$(b) \quad 498 \text{ K} - 273 = 225^{\circ}\text{C}$$

**1.25** Durante uma experiência, a temperatura em laboratório subiu  $0,8^{\circ}\text{C}$ . Calcule essa elevação em graus Fahrenheit.

A conversão de *intervalos* de temperatura difere da conversão de *valores* de temperatura. Com relação a intervalos, a Figura 1-1 mostra que

$$100^{\circ}\text{C} = 180^{\circ}\text{F} \quad \text{ou} \quad 5^{\circ}\text{C} = 9^{\circ}\text{F}$$

e, portanto,

$$\left(\frac{9^{\circ}\text{F}}{5^{\circ}\text{C}}\right)(0,8^{\circ}\text{C}) = 1,4^{\circ}\text{F}$$

## Problemas Complementares

### Unidades baseadas em massa ou comprimento

**1.26** (a) Converta 3,69 m em quilômetros, centímetros e milímetros. (b) Converta 36,24 mm em centímetros e em metros.

Resp. (a) 0,00369 km, 369 cm, 3.690 mm; (b) 3,624 cm, 0,03624 m

**1.27** Calcule o número de (a) milímetros em 10 pol, (b) pés em 5 m e (c) centímetros em 4 pés 3 pol.

Resp. (a) 254 mm; (b) 16,4 pés; (c) 130 cm

**1.28** Um disparo de arma de fogo de longa distância alcança 300 jardas e está dentro do padrão de treinamento de um oficial de um batalhão de operações especiais. Qual é a distância desse alvo em (a) pés, (b) metros e (c) quilômetros?

Resp. (a) 900 pés; (b) 274 m; (c) 0,27 km

**1.29** Sabe-se que um determinado projétil pertence a um revólver calibre 38 especial. O projétil mede 0,378 pol de diâmetro. Que valor você deve anotar utilizando o sistema métrico, em cm?

Resp. 1,04 cm.

**1.30** Calcule em cm (a) 14,0 pol e (b) 7,00 jd.

Resp. (a) 35,6 cm; (b) 640 cm

**1.31** Um rolo de fita de isolamento de cena de crime tem 250 jardas de comprimento. A polícia precisa isolar um campo retangular coberto por pastagem medindo  $42 \text{ m} \times 31 \text{ m}$ . Quantas jardas de fita restarão após a operação?

Resp. 90 jd

**1.32** O projeto de uma ponte suspensa com  $\frac{1}{4}$  de milha de extensão prevê o uso de 16 milhas de cabo 150 (150 fios por perna de cabo). Que comprimento mínimo de fios o fabricante utilizará para produzir esse item (ignore a diferença para mais pela torção dos fios na produção do cabo) em km?

Resp. 3862 km

- 1.33** Em média, um homem consegue correr a uma velocidade máxima de 22 milhas/h. Calcule essa velocidade em (a) quilômetros por hora e (b) metros por segundo.  
*Resp.* (a) 35,4 km/h; (b) 9,83 m/s
- 1.34** Converta o volume molar de um gás a 1 atm de pressão e 0°C, 22,4 litros, em centímetros cúbicos, metros cúbicos e pés cúbicos.  
*Resp.* 22.400 cm<sup>3</sup>; 0,0224 m<sup>3</sup>; 0,791 pés<sup>3</sup>
- 1.35** Calcule o peso (massa) de 32 g de oxigênio em miligramas, quilogramas e libras.  
*Resp.* 32.000 mg; 0,032 kg; 0,0705 libras
- 1.36** Quantos gramas existem em 5,00 libras de sulfato de cobre? Quantas libras existem em 4,00 kg de mercúrio? Quantos miligramas estão em 1 lb 2 oz de açúcar?  
*Resp.* 2.270 g; 8,82 libras; 510.000 mg
- 1.37** Um carro popular pesa 2.176 lb. Converta esse valor em (a) quilogramas; (b) toneladas; (c) toneladas americanas (1 tonelada americana = 2.000 lb).  
*Resp.* (a) 987 kg; (b) 0,987 t; (c) 1,088 toneladas americanas
- 1.38** O aço utilizado na fabricação do cabo (16 milhas de comprimento, 12 cm de diâmetro, assumindo que seja sólido,  $V_{\text{cilindro}} = \pi r^2 h$ ) utilizado no Problema 1.32 tem densidade igual a 8,65 g/cm<sup>3</sup>. O cabo é fabricado a partir de um bloco de metal sólido. Qual é o peso do bloco em (a) kg, (b) lb e (c) toneladas?  
*Resp.* (a)  $1,01 \times 10^7$  kg; (b)  $2,2 \times 10^7$  lb; (c) 1.110 t ( $1,01 \times 10^4$  t)
- 1.39** A cor da luz é função de seu comprimento de onda. Os raios visíveis de maior comprimento de onda, correspondentes à cor vermelha, possuem  $7,8 \times 10^{-7}$  m. Calcule esse comprimento em micrômetros, nanômetros e angstroms.  
*Resp.* 0,78 μm; 780 nm; 7.800 Å
- 1.40** Em média, uma pessoa não deveria ingerir mais de 60 g de gordura em sua dieta diária. Uma embalagem de biscoitos com gotas de chocolate tem em seu rótulo a informação “três biscoitos equivalem a uma porção” e “teor de gordura: 6 g por porção”. Quantos biscoitos você pode ingerir sem exceder 50% do aporte diário recomendado de gorduras?  
*Resp.* 15 biscoitos
- 1.41** Em um cristal de platina, a distância entre os centros dos átomos é 2,8 Å, em relação ao empacotamento seguinte. Quantos átomos estão alinhados em um centímetro, nessa direção?  
*Resp.*  $3,5 \times 10^7$  átomos
- 1.42** Em algumas espécies de borboletas, a coloração azul cintilante de suas asas se deve à presença de nervuras, distantes 0,15 μm umas das outras, conforme mensuração efetuada por microscopia eletrônica. Calcule essa distância em centímetros. Qual é a relação dessa distância com o comprimento de onda azul, de cerca de 4.500 Å?  
*Resp.*  $1,5 \times 10^{-5}$  cm, equivalente a 1/3 do comprimento de onda da luz azul.
- 1.43** A dose diária indicada de riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>) é cerca de 2,00 mg. Quantas libras de queijo são necessárias para suprir essa dose, considerando que o queijo é a única fonte de riboflavina disponível e que contém 5,5 μg da vitamina por grama?  
*Resp.* 0,80 lb/dia
- 1.44** Uma amostra de sangue de uma pessoa saudável é diluída 200 vezes (considerando o volume original) e examinada em um microscópio. A camada de sangue diluído tem 0,10 mm de espessura e a contagem de glóbulos vermelhos é 30, em um campo quadrado de 100 micrômetros de lado. (a) Quantos glóbulos vermelhos existem em um milímetro cúbico desse sangue? (b) Os glóbulos vermelhos vivem em média 1 mês e o volume de sangue de uma pessoa normal é cerca de 5 L. Quantos glóbulos vermelhos são produzidos a cada segundo na medula óssea dessa pessoa?  
*Resp.* (a)  $6 \times 10^6$  células/mm<sup>3</sup>; (b)  $1 \times 10^7$  células/s

- 1.45** Um catalisador poroso usado em reações químicas tem área superficial interna igual a  $800 \text{ m}^2$  por  $\text{cm}^3$  de material. Os poros desse material representam 50% do volume. Os outros 50% são material sólido. Considerando que os poros sejam tubos cilíndricos de diâmetro uniforme  $d$  e comprimento  $l$ , e que a área superficial interna medida seja a área total das superfícies curvas dos tubos, qual é o diâmetro de cada poro? (*Sugestão*: calcule o número de tubos por  $\text{cm}^3$  de material,  $n$ , em termos de  $l$  e  $d$ , utilizando a fórmula do volume de um cilindro,  $V = 0,25 \pi d^2 l$ . Feito isso, aplique a fórmula de área superficial,  $S = \pi dl$ , nas superfícies cilíndricas e  $n$  tubos.)

*Resp.*  $25 \text{ \AA}$

- 1.46** Suponha que um pneu de borracha perca uma camada de sua superfície com espessura equivalente a uma molécula a cada volta no asfalto (entenda-se por “molécula” uma unidade monomérica do material). Suponha que essas moléculas tenham em média  $7,50 \text{ \AA}$  de espessura e que o esse pneu tenha  $35,6 \text{ cm}$  de raio e  $19,0 \text{ cm}$  de largura. Durante uma viagem de  $483 \text{ km}$  entre Pittsburgh e Filadélfia, (a) qual é a redução do raio do pneu (em  $\text{mm}$ ) e (b) que volume de borracha (em  $\text{cm}^3$ ) é perdido?

*Resp.* (a)  $0,162 \text{ mm}$ ; (b)  $68,8 \text{ cm}^3$

### Unidades compostas

- 1.47** Consulte o Problema 1.46. Se o pneu tem densidade igual a  $963 \text{ kg/m}^3$ , calcule a massa em gramas perdida por cada pneu durante o trajeto descrito.

*Resp.*  $66,3 \text{ g}$

- 1.48** A densidade da água é  $1,000 \text{ g/cm}^3$  a  $4^\circ\text{C}$ . Calcule a densidade da água em libras por pé cúbico, na mesma temperatura.

*Resp.*  $62,4 \text{ lb/pé}^3$

- 1.49** Estima-se que um cubo com 60 pés de aresta conteria todo ouro extraído de seu minério e refinado. Considerando que a densidade do ouro seja  $19,3 \text{ g/cm}^3$ , calcule a massa desse cubo em (a) quilogramas, (b) libras e (c) toneladas, com base nessa estimativa.

*Resp.* (a)  $1,18 \times 10^8 \text{ kg}$ ; (b)  $5,36 \times 10^7 \text{ lb}$ ; (c)  $26.800$  toneladas curtas ( $1,18 \times 10^5 \text{ t}$ )

- 1.50** Uma diferença de no máximo  $0,0013 \text{ g/cm}^3$  na densidade média ( $7,700 \text{ g/mL}$ ) é normal para cartuchos vazios (a parte que envolve o projétil propriamente dito) de projéteis de  $9 \text{ mm}$ , fabricados pela empresa ABC Inc. Dois cartuchos de uma pistola  $9 \text{ mm}$  foram encontrados e levados a um laboratório, identificados como sendo do fabricante ABC e pesados. Seus volumes foram medidos com base no deslocamento de água (cartucho nº 1:  $3,077 \text{ g}$  e  $0,399 \text{ mL}$ ; cartucho nº 2:  $3,092 \text{ g}$  e  $4,02 \text{ mL}$ ). É possível que esses cartuchos pertençam a um mesmo lote?

*Resp.* Eles podem pertencer a um mesmo lote. As densidades dos cartuchos nº 1 e nº 2 estavam  $0,012$  e  $0,008 \text{ g/mL}$  acima da média, nessa ordem. Este é apenas um entre os diversos testes efetuados para identificar projéteis.

- 1.51** No transporte marítimo, a sílica gel utilizada para proteger cargas contra infiltrações de umidade tem área superficial de  $6,0 \times 10^2 \text{ m}^2$  por quilograma. Qual é a área superficial em pés quadrados por grama?

*Resp.*  $6,5 \times 10^3 \text{ pés}^2/\text{g}$

- 1.52** Existe razão para acreditar que a duração do dia, determinada com base na rotação da Terra, esteja aumentando de maneira uniforme em cerca de  $0,0001 \text{ s}$  a cada século. Expresse essa variação em partes por bilhão (ppb).

*Resp.*  $3 \times 10^{-4} \text{ s}$ , por  $10^9 \text{ s}$  (ou  $3 \times 10^{-4} \text{ ppb}$ )

- 1.53** O teor médio de bromo no Oceano Atlântico é 65 partes por milhão (ppm) em massa. Se fosse possível extrair 100% desse bromo, quantos metros cúbicos de água do mar precisariam ser processados para obter  $0,61 \text{ kg}$  do elemento? Suponha que a densidade da água do mar seja  $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

*Resp.*  $9,4 \text{ m}^3$

- 1.54** Uma importante grandeza de quantidade física é o valor de  $8,314$  joules, ou  $0,08206$  atmosfera-litro. Qual é o fator de conversão de joules para atmosfera-litro?

*Resp.*  $101,3 \text{ J/atm}\cdot\text{L}$

- 1.55** Se  $80,0 \text{ cm}^3$  de álcool etílico pesam  $63,3 \text{ g}$ , qual é sua densidade?

*Resp.*  $0,791 \text{ g/cm}^3$

- 1.56** Qual é o volume em litros de 40 kg de tetracloreto de carbono,  $\text{CCl}_4$ , com densidade  $1,60 \text{ g/cm}^3$ ?  
*Resp.* 25 L
- 1.57** Um tipo de espuma plástica tem densidade igual a  $17,7 \text{ kg/m}^3$ . Calcule a massa em libras de uma chapa isolante com 4,0 pés de largura, 8,0 pés de comprimento e 4,0 pol de espessura.  
*Resp.* 11,8 lb
- 1.58** O ar pesa cerca de 8 lb por 100 pés cúbicos. Calcule sua densidade em (a) gramas por pé cúbico, (b) gramas por litro e (c) quilogramas por metro cúbico.  
*Resp.* (a)  $36 \text{ g/pé}^3$ ; (b)  $1,3 \text{ g/L}$ ; (c)  $1,4 \text{ kg/m}^3$
- 1.59** Estima-se que o teor calórico de alimentos seja  $9,0 \text{ cal/g}$  em gorduras e  $5,0 \text{ cal/g}$  em carboidratos e proteínas. Um bolinho comum contém 14% em massa de gorduras, 64% de carboidratos e 7% em proteína (o restante é água, que não apresenta calorias). Esse bolinho atende ao critério de teor máximo de 30% em gorduras, recomendado pelas autoridades norte-americanas?  
*Resp.* Sim, 26% das calorias do bolinho são em gorduras.
- 1.60** Um bloco de madeira medindo  $10 \text{ pol} \times 6,0 \text{ pol} \times 2,0 \text{ pol}$  pesa 3 lb 10 oz. Qual é a densidade do bloco, em unidades SI?  
*Resp.*  $840 \text{ kg/m}^3$
- 1.61** Uma liga foi usinada na forma de um disco plano com 31,5 mm de diâmetro e 4,5 mm de espessura. Um orifício de 7,5 mm de diâmetro foi perfurado no centro do disco. O disco pesava inicialmente 20,2 g. Qual é a densidade da liga, em unidades SI?  
*Resp.*  $6.100 \text{ kg/m}^3$
- 1.62** Um recipiente de vidro vazio pesa 20,2376 g. Quando água a  $4^\circ\text{C}$  é adicionada até uma marca no recipiente, o peso sobe para 20,3102 g. Então, o mesmo recipiente é esvaziado e abastecido, até a mesma marca, com uma solução a  $4^\circ\text{C}$ . Com isso, o peso do recipiente passa a ser 20,3300 g. Qual é a densidade da solução?  
*Resp.*  $1,273 \text{ g/cm}^3$
- 1.63** Uma amostra de chumbinhos pesando 321 g foi colocada em um cilindro graduado contendo álcool isopropílico suficiente para cobrir o chumbo por completo. Com isso, o nível do álcool subiu 28,3 mL. Qual é a densidade do chumbo, em unidades SI? (A densidade do álcool isopropílico é  $0,785 \text{ g/cm}^3$ .)  
*Resp.*  $1,13 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$
- 1.64** Uma amostra de ácido sulfúrico concentrado tem 95,7% de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em massa e densidade  $1,84 \text{ g/cm}^3$ . (a) Quantos gramas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  puro estão contidos em um litro do ácido? (b) Quantos centímetros cúbicos de ácido contém 100 g de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  puro?  
*Resp.* (a) 1.760 g; (b)  $56,8 \text{ cm}^3$
- 1.65** Um método bastante rápido para determinar densidades consiste em aplicar o princípio de Arquimedes, que afirma que o empuxo em um corpo submerso é igual ao peso do líquido deslocado. Uma barra de magnésio metálico fixada a uma balança por um fio fino pesa 31,13 g no ar e 19,35 g quando totalmente submersa em hexano ( $D_{\text{hexano}} = 0,659 \text{ g/cm}^3$ ). Veja a Figura 1-2. Calcule a densidade dessa amostra de magnésio em unidades SI.  
*Resp.*  $1.741 \text{ kg/m}^3$
- 1.66** Um processo de eletrodeposição permite produzir uma camada com 30 milionésimos de polegada. Quantos metros quadrados podem ser recobertos com um quilograma de estanho, densidade  $7.300 \text{ kg/m}^3$ ?  
*Resp.*  $180 \text{ m}^2$
- 1.67** Uma folha de ouro (densidade  $19,3 \text{ g/cm}^3$ ) pesando 1,93 g pode ser moldada na forma de um filme transparente com área igual a  $14,5 \text{ cm}^2$ . (a) Qual é o volume de 1,93 mg de ouro? (b) Qual é a espessura do filme transparente, em angstroms?  
*Resp.* (a)  $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^3$ ; (b)  $690 \text{ \AA}$

## Quantidades e unidades

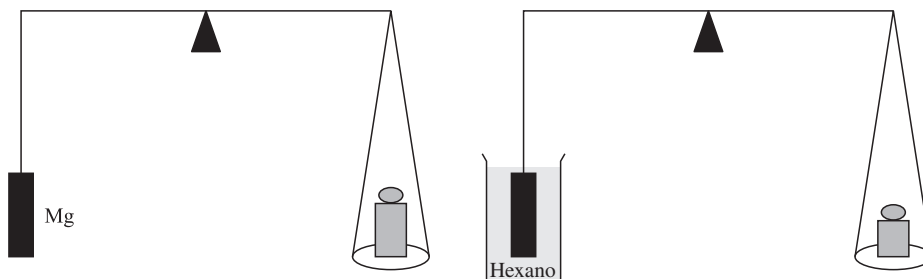


Figura 1-2

- 1.68** Calcule o comprimento (em km e milhas) da folha de ouro mencionada no Problema 1.67 obtida se a largura da folha é 6 pol. *Obs.:* a distância da Terra à Lua é  $2,4 \times 10^5$  e ao Sol é  $9,3 \times 10^7$  milhas (valores médios).

*Resp.*  $1,7 \times 10^{11}$  km;  $1 \times 10^6$  milhas

- 1.69** Um tubo capilar pesando 3,247 g foi calibrado fazendo fluir mercúrio em seu interior. O mercúrio ocupou um comprimento de 23,75 mm, observado via microscópio. O peso do tubo com mercúrio foi 3,489 g. A densidade do mercúrio é  $13,60 \text{ g/cm}^3$ . Supondo que a superfície interna do capilar seja um cilindro uniforme, calcule seu diâmetro interno.

*Resp.* 0,98 mm

- 1.70** A sequoia conhecida como General Sherman, no Parque Nacional das Sequoias, EUA, é considerada o maior ser vivo do planeta. Se a densidade total do tronco da árvore é  $850 \text{ kg/m}^3$ , calcule a massa do tronco, supondo que ele possa ser representado como dois troncos de cone reto com diâmetros inferior e superior de 11,2 e 5,6 m, e 5,6 e 3,3 m, respectivamente, com alturas iguais a 2,4 e 80,6 m, nessa ordem. Um tronco de cone é a porção de um cone cortada por dois planos perpendiculares a seu eixo, com volume definido como

$$\frac{1}{3} \pi h (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$$

onde  $h$  é a altura e  $r_1$  e  $r_2$  são os raios das superfícies circulares do tronco de cone.

*Resp.*  $1,20 \times 10^6 \text{ kg} = 1.200 \text{ t}$

## Temperatura

- 1.71** (a) Converta  $88^\circ\text{F}$  em  $^\circ\text{C}$ ;  $16^\circ\text{F}$  em  $^\circ\text{C}$ ;  $130^\circ\text{F}$  em  $^\circ\text{C}$ . (b) Converta  $35^\circ\text{C}$  em  $^\circ\text{F}$ ;  $2^\circ\text{C}$  em  $^\circ\text{F}$ ;  $-29^\circ\text{C}$  em  $^\circ\text{F}$ .

*Resp.* (a)  $31^\circ\text{C}$ ,  $-9^\circ\text{C}$ ,  $54^\circ\text{C}$  (b)  $95^\circ\text{F}$ ,  $36^\circ\text{F}$ ,  $-20^\circ\text{F}$

- 1.72** Converta as seguintes temperaturas:  $-149,7^\circ\text{C}$  em  $^\circ\text{F}$ ;  $-396,0^\circ\text{F}$  em  $^\circ\text{C}$ ;  $1555^\circ\text{C}$  em  $^\circ\text{F}$ .

*Resp.*  $-237,5^\circ\text{F}$ ;  $-237,8^\circ\text{C}$ ;  $2831^\circ\text{F}$

- 1.73** A temperatura do gelo seco (temperatura de sublimação na pressão normal) é  $-109^\circ\text{F}$ . Esse valor é maior ou menor que a temperatura de ebulição do etano (um componente do gás liquefeito de petróleo), que é  $-88^\circ\text{C}$ ?

*Resp.* Maior

- 1.74** A temperatura de uma pessoa doente é  $103^\circ\text{F}$ , quase idêntica à temperatura de um gato saudável. Converta essa temperatura em (a)  $^\circ\text{C}$  e (b) K.

*Resp.* (a)  $39,4^\circ\text{C}$ ; (b)  $312,6 \text{ K}$

- 1.75** O ouro é minerado e refinado há milhares de anos, muito antes de fornalhas elétricas e outros equipamentos capazes de gerar altas temperaturas terem sido inventados. O ponto de fusão do ouro é  $1064^\circ\text{C}$ . Calcule essa temperatura nas escalas Fahrenheit e Kelvin.

*Resp.*  $1.303 \text{ K}$  e  $1.947^\circ\text{F}$

- 1.76** Os metais se contraem e dilatam com variações de temperatura. Uma barra metálica é usada na construção do convés de uma plataforma petrolífera no Mar do Norte. Ela precisa resistir a uma temperatura de  $-45^{\circ}\text{C}$ . Calcule essa temperatura em (a)  $^{\circ}\text{F}$  e (b) na escala Kelvin.  
*Resp.* (a)  $-49^{\circ}\text{F}$ ; (b) 228 K
- 1.77** Em 1714, Gabriel Fahrenheit sugeriu que o zero de temperatura em sua escala fosse a menor temperatura possível de obter com uma mistura de sais e gelo, na época, e que o valor  $100^{\circ}$  equivalesse à maior temperatura corporal de um animal normal. Expresse esses “extremos” em Celsius.  
*Resp.*  $-17,8^{\circ}\text{C}$ ;  $37,8^{\circ}\text{C}$
- 1.78** A fase líquida do sódio metálico é bastante ampla, com ponto de fusão em  $98^{\circ}\text{C}$  e ponto de ebulição em  $892^{\circ}\text{C}$ . Expresse essa faixa de temperatura nas escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit.  
*Resp.*  $794^{\circ}\text{C}$ ; 794 K;  $1429^{\circ}\text{F}$
- 1.79** Converta 298 K, 892 K e 163 K em graus Celsius.  
*Resp.*  $25^{\circ}\text{C}$ ;  $619^{\circ}\text{C}$ ;  $-110^{\circ}\text{C}$
- 1.80** Expresse 11 K e 298 K em graus Fahrenheit.  
*Resp.*  $-440^{\circ}\text{F}$ ;  $77^{\circ}\text{F}$
- 1.81** Converta  $23^{\circ}\text{F}$  nas escalas Celsius e Kelvin.  
*Resp.*  $-5^{\circ}\text{C}$ ; 268 K
- 1.82** A suspeita de que tenha sido usado um catalisador de queima de combustível é plausível sempre que ocorrem incêndios em veículos quentes o bastante para derreterem o vidro do para-brisa. O ponto de fusão desse vidro (essencialmente  $\text{SiO}_2$ ) é  $1698^{\circ}\text{C}$ . Converta a temperatura nas escalas (a) Kelvin e (b) Fahrenheit.  
*Resp.* (a) 1971 K; (b)  $3088^{\circ}\text{F}$
- 1.83** Em que temperatura as escalas Celsius e Fahrenheit têm o mesmo valor numérico?  
*Resp.*  $-40^{\circ}$
- 1.84** Um arco elétrico estabilizado com água atingiu a temperatura de  $25.600^{\circ}\text{F}$ . Na escala absoluta, qual é a razão dessa temperatura para a temperatura da chama de acetileno ( $3.500^{\circ}\text{C}$ )?  
*Resp.* 3,84
- 1.85** Desenvolva uma escala de temperatura em que o ponto de congelamento e o ponto de ebulição da água sejam  $100^{\circ}$  e  $400^{\circ}$ , respectivamente, e o intervalo entre graus seja um múltiplo constante do intervalo da escala Celsius. Qual é o zero absoluto nessa escala? Qual é o ponto de fusão do enxofre ( $\text{PF} = 444,6^{\circ}\text{C}$ )?  
*Resp.*  $-719^{\circ}$ ;  $1433,8^{\circ}$
- 1.86** A temperatura normal do corpo humano é  $98,6^{\circ}\text{F}$ , mas a temperatura interna (do fígado) de um cadáver encontrado em um apartamento é  $91,5^{\circ}\text{F}$ . A queda de temperatura esperada nas condições do apartamento é  $1^{\circ}\text{C}$  para cada uma hora e 15 minutos após o óbito. (a) Expresse a temperatura do corpo em  $^{\circ}\text{C}$ . (b) Há quanto tempo essa pessoa morreu? (Somente uma estimativa pode ser feita a partir desses dados de taxa de resfriamento.)  
*Resp.* (a)  $37^{\circ}\text{C}$  e  $33^{\circ}\text{C}$ ; (b) 6 h, aproximadamente