Capítulo 1

1. PENSE Neste problema é fornecido o raio da Terra, e devem ser calculados a circunferência, a área superficial e o volume da Terra.

FORMULE Supondo que a Terra é uma esfera de raio

$$R_T = \left(6{,}37 \times 10^6 \text{ m}\right)\left(10^{-3} \text{ km/m}\right) = 6{,}37 \times 10^3 \text{ km}$$

a circunferência, a área superficial e o volume são dados por

$$C = 2\pi R_T, \quad A = 4\pi R_T^2, \quad V = \frac{4\pi}{3} R_T^3$$

As fórmulas anteriores aparecem no Apêndice E.

ANALISE (a) Usando a primeira fórmula, obtemos

$$C = 2\pi R_T = 2\pi(6{,}37 \times 10^3 \text{ km}) = 4{,}00 \times 10^4 \text{ km}$$

(b) Usando a segunda fórmula, obtemos

$$A = 4\pi R_T^2 = 4\pi\left(6{,}37 \times 10^3 \text{ km}\right)^2 = 5{,}10 \times 10^8 \text{ km}^2$$

(c) Usando a terceira fórmula, obtemos

$$V = \frac{4\pi}{3} R_T^3 = \frac{4\pi}{3}\left(6{,}37 \times 10^3 \text{ km}\right)^3 = 1{,}08 \times 10^{12} \text{ km}^3$$

APRENDA De acordo com essas fórmulas, $C \sim R_T$, $A \sim R_T^2$ e $V \sim R_T^3$. As razões entre volume e área superficial e entre área superficial e circunferência são $V/A = R_T/3$ e $A/C = 2R_T$.

2. Os fatores de conversão são $1 \text{ gry} = 1/10 \text{ linha}$, $1 \text{ linha} = 1/12$ polegada e 1 ponto = 1/72 polegada. Assim,

$$1 \text{ gry} = (1/10)(1/12)(72 \text{ pontos}) = 0{,}60 \text{ ponto}$$

Nesse caso, $1 \text{ gry}^2 = (0{,}60 \text{ ponto})^2 = 0{,}36 \text{ ponto}^2$, o que significa que $0{,}50 \text{ gry}^2 = 0{,}18 \text{ ponto}^2$.

3. Os prefixos do SI (micro, pico, nano, ...) aparecem na Tabela 1-2 do livro-texto.

(a) Como $1 \text{ km} = 1 \times 10^3 \text{ m}$ e $1 \text{ m} = 1 \times 10^6\ \mu\text{m}$,

$$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m} = \left(10^3 \text{ m}\right)\left(10^6\ \mu\text{m/m}\right) = 10^9\ \mu\text{m}.$$

Como o valor dado é 1,0 km (dois algarismos significativos), o resultado deve ser escrito na forma $1{,}0 \times 10^9\ \mu$m.

(b) Como $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$,

$$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} = \left(10^{-2}\text{m}\right)\left(10^6\ \mu\text{m/m}\right) = 10^4\ \mu\text{m}$$

Concluímos que a fração de centímetro igual a 1,0 μm é $1{,}0 \times 10^{-4}$.

(c) Como 1 yd = (3 ft)(0,3048 m/ft) = 0,9144 m,

$$1{,}0 \text{ yd} = \left(0{,}91\text{m}\right)\left(10^6\ \mu\text{m/m}\right) = 9{,}1 \times 10^5\ \mu\text{m}$$

4. (a) Usando os fatores de conversão 1 polegada = 2,54 cm e 6 paicas = 1 polegada, temos:

$$0{,}80\text{ cm} = (0{,}80\text{ cm})\left(\frac{1\text{ polegada}}{2{,}54\text{ cm}}\right)\left(\frac{6\text{ paicas}}{1\text{ polegada}}\right) \approx 1{,}9\text{ paicas}$$

(b) Como 12 pontos = 1 paica, temos:

$$0{,}80\text{ cm} = (0{,}80\text{ cm})\left(\frac{1\text{ polegada}}{2{,}54\text{ cm}}\right)\left(\frac{6\text{ paicas}}{1\text{ polegada}}\right)\left(\frac{12\text{ pontos}}{1\text{ paica}}\right) \approx 23\text{ pontos.}$$

5. PENSE Este problema trata da conversão de furlongs para varas e cadeias, todos eles unidades de distância.

FORMULE Como $1\text{ furlong} = 201{,}168\text{ m}$, $1\text{ vara} = 5{,}0292\text{ m}$ e $1\text{ cadeia} = 20{,}117\text{ m}$, os fatores de conversão necessários para resolver o problema são

$$1{,}0\text{ furlong} = 201{,}168\text{ m} = (201{,}168\,\cancel{\text{m}})\frac{1\text{ vara}}{5{,}0292\,\cancel{\text{m}}} = 40\text{ varas}$$

e

$$1{,}0\text{ furlong} = 201{,}168\text{ m} = (201{,}168\,\cancel{\text{m}})\frac{1\text{ cadeia}}{20{,}117\,\cancel{\text{m}}} = 10\text{ cadeias}$$

Note que m (metro), a unidade que se deseja eliminar, é cancelado nas relações anteriores.

ANALISE Usando os fatores de conversão anteriores, obtemos

(a) a distância d em *varas* é $d = 4{,}0\text{ furlongs} = (4{,}0\text{ fu}\cancel{\text{r}}\text{longs})\dfrac{40\text{ varas}}{1\text{ fu}\cancel{\text{r}}\text{long}} = 160\text{ varas}$

(b) a distância d em *cadeias* é $d = 4{,}0\text{ furlongs} = (4{,}0\text{ fu}\cancel{\text{r}}\text{longs})\dfrac{10\text{ cadeias}}{1\text{ fu}\cancel{\text{r}}\text{long}} = 40\text{ cadeias}$

APRENDA Como 4 furlongs correspondem a aproximadamente 800 m, essa distância é aproximadamente igual a 160 varas ($1\text{ vara} \approx 5\text{ m}$) e 40 cadeias ($1\text{ cadeia} \approx 20\text{ m}$). Isso significa que os resultados obtidos são razoáveis.

6. Consultamos a Tabela 1-6.

(a) Começamos pela primeira coluna ("cahiz"): 1 fanega equivale a quantos cahiz? De acordo com a parte já completada da tabela, 1 cahiz equivale a 12 fanega. Assim, 1 fanega = 1/12 cahiz ou $8{,}33 \times 10^{-2}$ cahiz. Analogamente, "1 cahiz = 48 cuartilla" (na parte já completada da tabela) significa que 1 cuartilla = 1/18 cahiz ou $2{,}08 \times 10^{-2}$ cahiz. Continuando desta forma, descobrimos que os outros números da primeira coluna são $6{,}94 \times 10^{-3}$ e $3{,}47 \times 10^{-3}$.

(b) Na segunda coluna ("fanega"), obtemos os números 0,250, $8{,}33 \times 10^{-2}$ e $4{,}17 \times 10^{-2}$.

(c) Na terceira coluna ("cuartilla"), obtemos 0,333 e 0,167.

(d) Finalmente, na quarta coluna ("almude"), obtemos 0,500.

(e) Como a tabela de conversão mostra que 1 almude equivale a 2 medios, 7,00 almudes equivalem a 14,0 medios.

(f) Usando a relação 1 almude = $6{,}94 \times 10^{-3}$ cahiz, encontrada no item (a), concluímos que 7,00 almudes equivalem a $4{,}86 \times 10^{-2}$ cahiz.

(g) Como 1 decímetro equivale a 0,1 metro, 55,501 decímetros cúbicos equivalem a 0,055501 m^3 ou 55.501 cm^3. Assim, 7,00 almudes = $\dfrac{7{,}00}{12}$ fanega = $\dfrac{7{,}00}{12}$ (55.501 cm^3) = $3{,}24 \times 10^4$ cm^3.

7. Usamos os fatores de conversão do Apêndice D.

$$1\text{ acre}\cdot\text{ft} = (43.560\text{ ft}^2)\cdot\text{ft} = 43.560\text{ ft}^3$$

Como 2 in = (1/6) ft, o volume de água que caiu durante a tempestade é

$$V = (26\ \text{km}^2)(1/6\ \text{ft}) = (26\ \text{km}^2)(3281\text{ft/km})^2(1/6\ \text{ft})\ =\ 4{,}66\times 10^7\ \text{ft}^3$$

Assim,

$$V = \frac{4{,}66\times 10^7\ \text{ft}^3}{4{,}3560\times 10^4\ \text{ft}^3/\text{acre}\cdot\text{ft}} = 1{,}1\times 10^3\ \text{acre}\cdot\text{ft}$$

8. De acordo com a Figura 1-4, 212 S equivalem a 258 W e 212 − 32 = 180 S equivalem a 216 − 60 = 156 Z. Essas informações nos permitem converter S para W e Z.

(a) Em unidades de W, temos:

$$50{,}0\ \text{S} = (50{,}0\ \text{S})\left(\frac{258\ \text{W}}{212\ \text{S}}\right) = 60{,}8\ \text{W}$$

(b) Em unidades de Z, temos:

$$50{,}0\ \text{S} = (50{,}0\ \text{S})\left(\frac{156\ \text{Z}}{180\ \text{S}}\right) = 43{,}3\ \text{Z}$$

9. O volume de gelo é dado pelo produto da área semicircular pela espessura. A área do semicírculo é $A = \pi r^2/2$, em que r é o raio. Assim, o volume é

$$V \quad -r \;\; z$$

na qual z é a espessura do gelo. Como 1 km equivale a 10^3 m e 1 m equivale a 10^2 cm, temos:

$$= (2000\ \text{km})\left(\frac{10^3\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right)\left(\frac{10^2\ \text{cm}}{1\ \text{m}}\right) = 2000\times 10\ \ \text{cm}$$

Expressa nessas unidades, a espessura se torna

$$z = 3000\ \text{m} = (3000\ \text{m})\left(\frac{10^2\ \text{cm}}{1\ \text{m}}\right) = 3000\times 10^2\ \text{cm}$$

e, portanto, $V = \frac{\pi}{2}\left(2000\times 10^5\ \text{cm}\right)^2\left(3000\times 10^2\ \text{cm}\right) = 1{,}9\times 10^{22}\ \text{cm}^3$.

10. Como uma mudança de longitude igual a 360° corresponde a uma variação de 24 horas, uma variação de 1,0 h corresponde a uma variação de longitude de 360°/24 = 15°.

11. (a) Se um dia decimal francês é equivalente a um dia comum, a razão entre as semanas é simplesmente 10/7 ou (com 3 algarismos significativos) 1,43.

(b) Um dia comum tem 86.400 segundos, enquanto o dia francês descrito no problema tem 10^5 segundos. A razão é, portanto, 0,864.

12. Como um dia equivale a 86.400 segundos e um metro equivale a um milhão de micrômetros,

$$\frac{(3{,}7\,\text{m})(10^6\ \mu\text{m/m})}{(14\,\text{dias})(86.400\,\text{s/dia})} = 3{,}1\ \mu\text{m/s}$$

13. A hora em qualquer desses relógios é uma função linear com inclinação $\neq 1$ e ponto de interseção com o eixo $y \neq 0$. De acordo com os dados da figura, temos:

$$t_C = \frac{2}{7}t_B + \frac{594}{7}, \quad t_B = \frac{33}{40}t_A - \frac{662}{5}$$

Esses dados podem ser usados para obter os resultados a seguir.

(a) Temos:

$$t'_B - t_B = \frac{33}{40}\left(t'_A - t_A\right) = 495 \text{ s}$$

para $t'_A - t_A = 600$ s.

(b) Temos: $t'_C - t_C = \frac{2}{7}\left(t'_B - t_B\right) = \frac{2}{7}\left(495\right) = 141$ s.

(c) O relógio B indica $t_B = (33/40)(400) - (662/5) \approx 198$ s quando o relógio A indica $t_A = 400$ s.

(d) Para $t_C = 15 = (2/7)t_B + (594/7)$, obtemos $t_B \approx -245$ s.

14. Os prefixos do SI (micro, pico, nano, ...) aparecem na Tabela 1-2 do livro-texto.

(a) $1\ \mu\text{século} = \left(10^{-6}\ \text{século}\right)\left(\frac{100\ \text{anos}}{1\ \text{século}}\right)\left(\frac{365\ \text{dias}}{1\ \text{ano}}\right)\left(\frac{24\ \text{h}}{1\ \text{dia}}\right)\left(\frac{60\ \text{min}}{1\ \text{h}}\right) = 52{,}6\ \text{min}.$

(b) A diferença percentual é, portanto,

$$\frac{52{,}6\,\text{min} - 50\,\text{min}}{52{,}6\,\text{min}} = 4{,}9\%$$

15. Uma semana tem 7 dias, um dia tem 24 horas e uma hora tem 3600 segundos. Assim, duas semanas (um fortnight) equivalem a 1.209.600 s, o que corresponde aproximadamente a $1{,}21 \times 10^{12}\ \mu$s.

16. A frequência de rotação f do pulsar é dada por

$$f = \frac{1\ \text{rotação}}{1{,}55780644887275 \times 10^{-3}\ \text{s}}$$

(a) Multiplicando f pelo intervalo de tempo $t = 7{,}00$ dias (o que equivale a 604.800 s, se ignorarmos temporariamente as considerações relativas ao número de algarismos significativos), obtemos o número de rotações

$$N = \left(\frac{1\ \text{rotação}}{1{,}55780644887275 \times 10^{-3}\ \text{s}}\right)\left(604.800\ \text{s}\right) = 388.238.218{,}4$$

que podemos arredondar para $3{,}88 \times 10^8$ rotações, já que o intervalo de tempo foi especificado com três algarismos significativos.

(b) Note que o problema especifica um número exato de revoluções do pulsar (um milhão). Nesse caso, nossa incógnita é t e uma equação semelhante à do item (a) tem a forma $N = ft$ ou

$$1 \times 10^6 = \left(\frac{1\ \text{rotação}}{1{,}55780644887275 \times 10^{-3}\ \text{s}}\right)t$$

o que nos dá o resultado $t = 1557{,}80644887275$ s (os alunos que usarem uma calculadora talvez não obtenham o resultado com tantas casas decimais).

(c) De acordo com os dados do problema, a incerteza *por revolução* é $\pm 3\times 10^{-17}$ s. Assim, após um milhão de revoluções, a incerteza será $(\pm 3\times 10^{-17})(1\times 10^{6}) = \pm 3\times 10^{-11}$ s.

17. PENSE Neste problema, devemos colocar 5 relógios em ordem de confiabilidade, com base no seu desempenho.

FORMULE Em primeiro lugar, observamos que a leitura de nenhum dos relógios aumenta de exatamente 24 horas em um período de 24 horas, mas esse não é o critério mais importante para julgar a confiabilidade de um relógio. O que importa é que o relógio adiante ou atrase do mesmo valor (ou quase do mesmo valor) a cada intervalo de 24 horas, pois, nesse caso, a leitura do relógio pode ser facilmente ajustada para o valor correto.

ANALISE A tabela que se segue mostra as correções (em segundos) que devem ser aplicadas à leitura de cada relógio para cada período de 24 horas. As correções foram calculadas subtraindo a leitura do relógio no final do intervalo da leitura do relógio no início do intervalo.

Os relógios C e D são os mais confiáveis, porque, para eles, a diferença entre o intervalo de tempo medido e o intervalo de tempo real é constante, o que torna possível ajustar o relógio com relativa facilidade. Como a correção necessária é menor para o relógio C, ele pode ser considerado o melhor de todos, seguido pelo relógio D. A correção que deve ser aplicada varia de +15 s a +17 s para o relógio A, de −5 s a +10 s para o relógio B, e de −70 s a −2 s para o relógio E. Assim, o relógio que apresenta a menor variação das correções (com exceção de C e D, para os quais a variação é zero) é o relógio A, seguido por B e por D. A ordem dos relógios em termos de confiabilidade é, portanto, C, D, A, B, E.

RELÓGIO	Dom. Seg.	Seg. Ter.	Ter. Qua.	Qua. Qui.	Qui. Sex.	Sex. Sáb.
A	−16	−16	−15	−17	−15	−15
B	−3	+5	−10	+5	+6	−7
C	−58	−58	−58	−58	−58	−58
D	+67	+67	+67	+67	+67	+67
E	+70	+55	+2	+20	+10	+10

APRENDA Os relógios A, B e E adiantam ou atrasam de forma irregular, o que os torna pouco confiáveis.

18. A diferença entre a duração do último dia dos 20 séculos e a duração do primeiro dia é

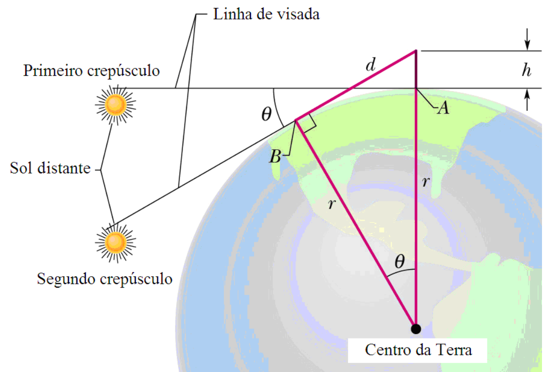
$$(\cdots\cdots\cdots)(\qquad / \qquad) =$$

A duração média do dia durante os 20 séculos é (0 + 0,02)/2 = 0,01 s maior que a do primeiro dia. Como o aumento acontece uniformemente, o efeito cumulativo T é

$$\begin{aligned} T &= (\text{aumento médio da duração do dia})(\text{número de dias}) \\ &= \left(\frac{0{,}01\ \text{s}}{\text{dia}}\right)\left(\frac{365{,}25\ \text{dias}}{\text{ano}}\right)(2000\ \text{anos}) \\ &= 7305\ \text{s} \end{aligned}$$

ou aproximadamente duas horas.

19. Quando o Sol desaparece com você deitado, sua linha de visada até o alto do disco solar é tangente à superfície da Terra no ponto A da figura a seguir. Quando você se levanta, seus olhos sobem para uma altura h e a linha de visada passa a ser tangente à superfície da Terra no ponto B.



Seja d a distância do ponto B até seus olhos. De acordo com o teorema de Pitágoras,

$$d^2 + r^2 = (r+h)^2 = r^2 + 2rh + h^2$$

ou $d^2 = 2rh + h^2$, em que r é o raio da Terra. Como $r >> h$, o segundo termo pode ser desprezado, o que nos dá $d^2 \approx 2rh$. O ângulo entre as duas tangentes é θ, que também é o ângulo descrito pelo Sol em relação à Terra no intervalo de tempo t = 11,1 s. O valor de θ pode ser calculado usando a relação

$$\frac{\theta}{360°} = \frac{t}{24\text{ h}},$$

o que nos dá

$$\theta = \frac{(360°)(11{,}1\text{ s})}{(24\text{ h})(60\text{ min/h})(60\text{ s/min})} = 0{,}04625°.$$

Como $d = r\tan\theta$, temos $d^2 = r^2\tan^2\theta = 2rh$ e, portanto,

$$r = \frac{2h}{\tan^2\theta}$$

Usando o valor de θ já calculado e fazendo h = 1,7 m, obtemos $r = 5{,}2\times10^6$ m.

20. (a) Determinamos o volume em centímetros cúbicos

$$193\text{ gal} = (193\text{ gal})\left(\frac{231\text{ in}^3}{1\text{ gal}}\right)\left(\frac{2{,}54\text{ cm}}{1\text{ in}}\right)^3 = 7{,}31\times10^5\text{cm}^3$$

e subtraímos de 1×10^6 cm^3 para obter $2{,}69 \times 10^5$ cm^3. A conversão gal → in^3 é dada no Apêndice D (logo abaixo da tabela de conversões de volume).

(b) O volume calculado na parte (a) é convertido [dividindo por (100 cm/m)^3] para 0,731 m^3, que corresponde a uma massa de

$$\left(1000\ \text{kg/m}^3\right)\left(0{,}731\ \text{m}^2\right) = 731\text{ kg}$$

usando a massa específica dada no enunciado. A uma vazão de 0,0018 kg/min, calculamos que a garrafa pode ser enchida em

$$\frac{731\text{ kg}}{0{,}0018\text{ kg / min}} = 4{,}06\times10^5\text{ min} = 0{,}77\text{ ano}$$

depois de dividir pelo número de minutos em um ano (365 dias)(24 h/dia) (60 min/h).

21. Se M_T é a massa da Terra, m é a massa média de um átomo da Terra e N é o número de átomos, $M_T = Nm$ ou $N = M_T/m$. Convertemos a massa m em quilogramas usando o Apêndice D (1 u = 1,661 × 10^{-27} kg). O resultado é o seguinte:

$$N = \frac{M_T}{m} = \frac{5{,}98\times 10^{24}\ \text{kg}}{(40\ \text{u})(1{,}661\times 10^{-27}\ \text{kg/u})} = 9{,}0\times 10^{49}.$$

22. A massa específica do ouro é

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{19{,}32\ \text{g}}{1\ \text{cm}^3} = 19{,}32\ \text{g/cm}^3.$$

(a) Tomamos o volume da folha como sendo a área A multiplicada pela espessura z. Para uma massa específica ρ = 19,32 g/cm³ e uma massa m = 27,63 g, o volume da folha é

$$V = \frac{m}{\rho} = 1{,}430\ \text{cm}^3.$$

Convertendo o volume para unidades do SI, temos:

$$V = (1{,}430\ \text{cm}^3)\left(\frac{1\ \text{m}}{100\ \text{cm}}\right)^3 = 1{,}430\times 10^{-6}\ \text{m}^3.$$

Como $V = Az$ com $z = 1 \times 10^{-6}$ m, temos:

$$A = \frac{1{,}430\times 10^{-6}\ \text{m}^3}{1\times 10^{-6}\ \text{m}} = 1{,}430\ \text{m}^2.$$

(b) O volume de um cilindro de altura ℓ é $V = A\ell$, na qual a seção reta é a área de um círculo, $A = \pi r^2$. Assim, com $r = 2{,}500 \times 10^{-6}$ m e $V = 1{,}430 \times 10^{-6}$ m³, temos:

$$\ell = \frac{V}{\pi r^2} = 7{,}284\times 10^4\ \text{m} = 72{,}84\ \text{km}.$$

23. PENSE Este problema tem duas partes: na primeira parte, devemos calcular a massa de uma certa quantidade de água a partir do volume e da massa específica; a segunda parte envolve a vazão mássica, que é expressa em kg/s no SI.

FORMULE De acordo com a definição de massa específica, $\rho = \frac{m}{V}$, a massa é dada por $m = \rho V$, o produto da massa específica pelo volume. Como 1 g = 1 × 10^{-3} kg e 1 cm³ = (1 × 10^{-2} m)³ = 1 × 10^{-6} m³, a massa de água em unidades do SI (kg/m³) é

$$\rho = 1\ \text{g/cm}^3 = \left(\frac{1\ \text{g}}{\text{cm}^3}\right)\left(\frac{10^{-3}\ \text{kg}}{\text{g}}\right)\left(\frac{\text{cm}^3}{10^{-6}\ \text{m}^3}\right) = 1\times 10^3\ \text{kg/m}^3$$

Para calcular a vazão mássica, basta dividir a massa total contida no recipiente pelo tempo necessário para drená-lo.

ANALISE (a) Usando a relação $m = \rho V$, a massa de um metro cúbico de água é

$$m = \rho V = (1\times 10^3\ \text{kg/m}^3)(1\ \text{m}^3) = 1000\ \text{kg}$$

(b) A massa total contida no recipiente é

$$M = \rho V = (1\times 10^3\ \text{kg/m}^3)(5700\ \text{m}^3) = 5{,}70\times 10^6\ \text{kg}$$

e o tempo necessário para drenar o recipiente é t = (10 h)(3600 s/h) = 3,6 × 10^4 s. Assim, a vazão mássica R é dada por

$$R = \frac{M}{t} = \frac{5{,}70 \times 10^6 \text{ kg}}{3{,}6 \times 10^4 \text{ s}} = 158 \text{ kg/s}$$

APRENDA A vazão volumétrica, que também é chamada simplesmente de vazão, é dada por

$$R' = \frac{V}{t} = \frac{5700 \text{ m}^3}{3{,}6 \times 10^4 \text{ s}} = 0{,}158 \text{ m}^3/\text{s} \approx 42 \text{ gal/s}$$

Quanto maior a vazão (mássica ou volumétrica), menor o tempo necessário para drenar um recipiente que contém uma dada quantidade de água.

24. Os prefixos do SI (micro (μ), pico, nano, …) aparecem na Tabela 1-2. A área superficial A de um grão de areia de raio r = 50 μm = 50 × 10^{-6} m é dada por $A = 4\pi(50 \times 10^{-6})^2 = 3{,}14 \times 10^{-8}$ m². (Várias fórmulas geométricas são dadas no Apêndice E.) Introduzindo a ideia de massa específica, $\rho = m/V$, a massa é dada por $m = \rho V$, para a qual ρ = 2600 kg/m³. Assim, usando $V = 4\pi r^3/3$, a massa de cada grão é

$$m = \rho V = \rho\left(\frac{4\pi r^3}{3}\right) = \left(2600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)\frac{4\pi\left(50 \times 10^{-6} \text{ m}\right)^3}{3} = 1{,}36 \times 10^{-9} \text{ kg}.$$

Observamos que (como um cubo tem seis faces iguais) a área superficial é 6 m². O número N de esferas (os grãos de areia) que têm uma área superficial total de 6 m² é dado por

$$N = \frac{6 \text{ m}^2}{3{,}14 \times 10^{-8} \text{ m}^2} = 1{,}91 \times 10^8.$$

Assim, a massa total é $M = Nm = (1{,}91 \times 10^8)(1{,}36 \times 10^{-9} \text{ kg}) = 0{,}260$ kg.

25. O volume de lama é (2500 m)(800 m)(2,0 m) = 4,0 × 10^6 m³. Chamando de d a espessura da lama depois que ficou distribuída uniformemente no vale, o volume passa a ser (400 m)(400 m)d. Podemos igualar os dois volumes e explicitar d, o que nos dá d = 25 m. O volume de uma pequena parte da lama em uma área de 4,0 m² é (4,0)d = 100 m³. Como cada metro cúbico corresponde a uma massa de 1900 kg (dado do problema), a massa dessa pequena parte da lama é $1{,}9 \times 10^5$ kg.

26. (a) O volume da nuvem é (3000 m)π(1000 m)² = 9,4 × 10^9 m³. Como cada metro cúbico da nuvem contém de 50 × 10^6 a 500 × 10^6 gotas de chuva, concluímos que a nuvem inteira contém de 4,7 × 10^{18} a 4,7 × 10^{19} gotas. Como o volume de cada gota é $\frac{4}{3}\pi(10 \times 10^{-6} \text{ m})^3 = 4{,}2 \times 10^{-15}$ m³, o volume total de água na nuvem está entre 2×10^3 e 2×10^4 m³.

(b) Usando o fato de que $1 \text{ L} = 1 \times 10^3 \text{cm}^3 = 1 \times 10^{-3} \text{m}^3$, a quantidade de água estimada no item (a) encheria de 2×10^6 a 2×10^7 garrafas.

(c) Como um metro cúbico de água tem uma massa de 1000 kg, a massa de água está entre 2×10^6 e 2×10^7 kg. A coincidência entre os resultados dos itens (b) e (c) deste problema se deve ao fato de que um litro de água tem uma massa de um quilograma.

27. Introduzimos a ideia de massa específica, $\rho = m/V$, e convertemos para unidades do SI: 1000 g = 1 kg e 100 cm = 1 m.

(a) A massa específica ρ de uma amostra de ferro é

$$\rho = \left(7{,}87 \text{ g/cm}^3\right)\left(\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}}\right)\left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}\right)^3 = 7870 \text{ kg/m}^3.$$

Ignorando os espaços vazios entre as esferas, a massa específica de um átomo de ferro é igual à massa específica de uma amostra de ferro. Assim, se M é a massa e V é o volume de um átomo, temos:

$$= \frac{}{} = \frac{9{,}27 \times 10^{26} \text{ kg}}{7{,}87 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} = 1{,}18 \times 10^{29} \text{ m}^3.$$

(b) Fazemos $V = 4\pi R^3/3$, em que R é o raio de um átomo (o Apêndice E contém várias fórmulas de geometria). Explicitando R, obtemos

$$R=\left(\frac{3V}{4\pi}\right)^{1/3}=\left(\frac{3\left(1{,}18\times10^{-29}\ \text{m}^3\right)}{4\pi}\right)^{1/3}=1{,}41\times10^{-10}\ \text{m}.$$

A distância entre os centros dos átomos é igual a duas vezes o raio atômico, $2{,}82 \times 10^{-10}$ m.

28. Estimando a massa de um gato doméstico "típico" como 10 kg e a massa de um átomo "típico" (do gato) como 10 u ≈ 2×10^{-26} kg, existem aproximadamente (10 kg)/(2×10^{-26} kg) ≈ 5×10^{26} átomos, um número da ordem de mil vezes maior que o número de Avogadro. Assim, um gato contém da ordem de um quilomol de átomos.

29. A massa em quilogramas é

$$(28{,}9\ \text{piculs})\left(\frac{100\,\text{gin}}{1\,\text{picul}}\right)\left(\frac{16\,\text{tahil}}{1\,\text{gin}}\right)\left(\frac{10\,\text{chee}}{1\,\text{tahil}}\right)\left(\frac{10\ \text{hoon}}{1\ \text{chee}}\right)\left(\frac{0{,}3779\,\text{g}}{1\,\text{hoon}}\right)$$

o que nos dá $1{,}747 \times 10^6$ g ou aproximadamente $1{,}75 \times 10^3$ kg.

30. Para resolver o problema, notamos que, igualando a zero a derivada primeira da função, podemos calcular o instante em que a massa é máxima.

(a) Derivando $m(t)=5{,}00t^{0{,}8}-3{,}00t+20{,}00$ em relação a t, temos:

$$\frac{dm}{dt}=4{,}00t^{-0{,}2}-3{,}00.$$

A massa é máxima para $dm/dt=0$ ou $t=(4{,}00/3{,}00)^{1/0{,}2}=4{,}21\,\text{s}$.

(b) Em $t=4{,}21\,\text{s}$, a massa de água é

$$m(t=4{,}21\,\text{s})=5{,}00(4{,}21)^{0{,}8}-3{,}00(4{,}21)+20{,}00=23{,}2\ \text{g}.$$

(c) A taxa de variação na massa em $t=2{,}00\ \text{s}$ é

$$\begin{aligned}\left.\frac{dm}{dt}\right|_{t=2{,}00\,\text{s}}&=\left[4{,}00(2{,}00)^{-0{,}2}-3{,}00\right]\text{g/s}=0{,}48\ \text{g/s}=0{,}48\frac{\text{g}}{\text{s}}\cdot\frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}}\cdot\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\\&=2{,}89\times10^{-2}\ \text{kg/min}.\end{aligned}$$

(d) Analogamente, a taxa de variação da massa em $t=5{,}00\ \text{s}$ é

$$\begin{aligned}\left.\frac{dm}{dt}\right|_{t=2{,}00\,\text{s}}&=\left[4{,}00(5{,}00)^{-0{,}2}-3{,}00\right]\text{g/s}=-0{,}101\ \text{g/s}=-0{,}101\frac{\text{g}}{\text{s}}\cdot\frac{1\ \text{kg}}{1000\ \text{g}}\cdot\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\\&=-6{,}05\times10^{-3}\ \text{kg/min}.\end{aligned}$$

31. A massa específica do chocolate é

$$\rho=\frac{m}{V}=\frac{0{,}0200\ \text{g}}{50{,}0\ \text{mm}^3}=4{,}00\times10^{-4}\ \text{g/mm}^3=4{,}00\times10^{-4}\ \text{kg/cm}^3.$$

Desprezando o volume do espaço vazio entre as barras, a massa total das barras contidas no recipiente até a altura h é $M=\rho Ah$, na qual $A=(14{,}0\ \text{cm})(17{,}0\ \text{cm})=238\ \text{cm}^2$ é a área da base do recipiente, que permanece inalterada. Assim, a taxa de variação da massa é dada por

$$\begin{aligned}\frac{dM}{dt}&=\frac{d(\rho Ah)}{dt}=\rho A\frac{dh}{dt}=(4{,}00\times10^{-4}\ \text{kg/cm}^3)(238\ \text{cm}^2)(0{,}250\ \text{cm/s})\\&=0{,}0238\ \text{kg/s}=1{,}43\ \text{kg/min}.\end{aligned}$$

32. O volume V da casa de verdade é o de um prisma triangular (de altura h = 3,0 m e a área da base $A = 20 \times 12 = 240$ m^2) mais um paralelepípedo retângulo (de altura h' = 6,0 m e mesma base). Assim,

$$V = \frac{1}{2}hA + h'A = \left(\frac{h}{2} + h'\right)A = 1800 \text{ m}^3.$$

(a) Como todas as dimensões são divididas por 12, temos:

$$V_{\text{boneca}} = \left(1800 \text{ m}^3\right)\left(\frac{1}{12}\right)^3 \approx 1{,}0 \text{ m}^3.$$

(b) Nesse caso, todas as dimensões (em relação à casa de verdade) são divididas por 144. Assim,

$$V_{\text{miniatura}} = \left(1800 \text{ m}^3\right)\left(\frac{1}{144}\right)^3 \approx 6{,}0 \times 10^{-4} \text{ m}^3.$$

33. PENSE Este problema envolve três tipos diferentes de tonelada: *tonelada de deslocamento*, *tonelada de frete* e *tonelada de registro*, todas unidades de volume.

FORMULE Os três tipos diferentes de tonelada são definidos em termos do *barrel bulk*. Sabemos que 1 barrel bulk = 0,1415 m^3 = 4,0155 alqueires americanos (usando a relação 1 m^3 = 28,378 alqueires americanos). Assim, em termos de alqueires americanos, temos

$$1 \text{ tonelada de deslocamento} = (7 \text{ barrels bulk}) \times \left(\frac{4{,}0155 \text{ alqueires americanos}}{1 \text{ barrel bulk}}\right) = 28{,}108 \text{ alqueires americanos}$$

$$1 \text{ tonelada de frete} = (8 \text{ barrels bulk}) \times \left(\frac{4{,}0155 \text{ alqueires americanos}}{1 \text{ barrel bulk}}\right) = 32{,}124 \text{ alqueires americanos}$$

$$1 \text{ tonelada de registro} = (20 \text{ barrels bulk}) \times \left(\frac{4{,}0155 \text{ alqueires americanos}}{1 \text{ barrel bulk}}\right) = 80{,}31 \text{ alqueires americanos}$$

ANALISE (a) A diferença entre 73 toneladas de frete e 73 toneladas de deslocamento é

$$\begin{aligned}\Delta V &= 73 \text{ (toneladas de frete} - \text{toneladas de deslocamento)} = 73(32{,}124 \text{ alqueires americanos} - 28{,}108 \text{ alqueires americanos})\\ &= 293{,}168 \text{ alqueires americanos} \approx 293 \text{ alqueires americanos}\end{aligned}$$

(b) Analogamente, a diferença entre 73 toneladas de registro e 73 toneladas de deslocamento é

$$\begin{aligned}\Delta V &= 73(\text{toneladas de registro} - \text{toneladas de deslocamento}) = 73(80{,}31 \text{ alqueires americanos} - 28{,}108 \text{ alqueires americanos})\\ &= 3810{,}746 \text{ alqueires americanos} \approx 3{,}81 \times 10^3 \text{ alqueires americanos}\end{aligned}$$

APRENDA Como 1 tonelada de registro > 1 tonelada de frete > 1 tonelada de deslocamento, esperamos que a diferença calculada no item (b) seja maior que a diferença calculada no item (a), e isso é realmente o que acontece.

34. Se o freguês espera um volume $V_1 = 20 \times 7056$ in^3 e recebe $V_2 = 20 \times 5826$ in^3, a diferença é $\Delta V = V_1 - V_2 = 24600 \text{ in}^3$, ou

$$\Delta V = \left(24.600 \text{ in.}^3\right)\left(\frac{2{,}54 \text{cm}}{1 \text{ in}}\right)^3\left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3}\right) = 403 \text{ L}$$

tendo sido consultado o Apêndice D.

35. As duas primeiras conversões são tão fáceis que não seria necessário recorrer a uma conversão *formal*, mas, apenas para praticar, vamos resolver formalmente todo o problema:

(a) $11 \text{ tuffets} = (11 \text{ tuffets})\left(\frac{2 \text{ peck}}{1 \text{ tuffet}}\right) = 22 \text{ pecks}$.

(b) $11 \text{ tuffets} = (11 \text{ tuffets})\left(\frac{0{,}50 \text{ Imperial bushel}}{1 \text{ tuffet}}\right) = 5{,}5 \text{ Imperial bushels}$.

(c) $11 \text{ tuffets} = (5{,}5 \text{ Imperial bushel})\left(\frac{36{,}3687 \text{ L}}{1 \text{ Imperial bushel}}\right) \approx 200 \text{ L}$.

36. A Tabela 7 pode ser completada da seguinte forma:

(a) A primeira coluna ("wey") é o recíproco da primeira linha, ou seja, 9/10 = 0,900, 3/40 = $7{,}50 \times 10^{-2}$ e assim por diante. Isso significa que 1 pottle = $1{,}56 \times 10^{-3}$ wey e 1 gill = 8.32×10^{-6} wey são os últimos dois números da primeira coluna.

(b) Na segunda coluna ("chaldron"), temos 1 chaldron = 1 chaldron (ou seja, todos os números da "diagonal" da tabela são 1). Para descobrir quantos chaldrons são iguais a um bag, notamos que 1 wey = 10/9 chaldron = 40/3 bag e, portanto, 1/12 chaldron = 1 bag. Assim, o número seguinte da segunda coluna é $\frac{1}{12} = 8{,}33 \times 10^{-2}$. Analogamente, 1 pottle = $1{,}74 \times 10^{-3}$ chaldron e 1 gill = $9{,}24 \times 10^{-6}$ chaldron.

(c) Na terceira coluna ("bag"), temos 1 chaldron = 12,0 bag, 1 bag = 1 bag, 1 pottle = $2{,}08 \times 10^{-2}$ bag e 1 gill = $1{,}11 \times 10^{-4}$ bag.

(d) Na quarta coluna ("pottle"), temos 1 chaldron = 576 pottle, 1 bag = 48 pottle, 1 pottle = 1 pottle e 1 gill = $5{,}32 \times 10^{-3}$ pottle.

(e) Na última coluna ("gill"), temos 1 chaldron = $1{,}08 \times 10^{5}$ gill, 1 bag = $9{,}02 \times 10^{3}$ gill, 1 pottle = 188 gill e, naturalmente, 1 gill = 1 gill.

(f) Usando as informações do item (c), 1,5 chaldron = (1,5)(12,0) = 18,0 bag. Como 1 bag equivale a 0,1091 m^3, concluímos que 1,5 chaldron = (18,0)(0,1091) = 1,96 m^3.

37. Como o volume de uma unidade é 1 cm^3 = 1×10^{-6} m^3, o volume de um mol é $6{,}02 \times 10^{23}$ cm^3 = $6{,}02 \times 10^{17}$ m^3. A raiz cúbica desse número é o comprimento da aresta, $8{,}4 \times 10^{5} \text{ m}^3$. Isso equivale a aproximadamente 8×10^{2} km.

38. (a) Usando o fato de que a área A de um retângulo é (largura) × (comprimento), temos:

$$\begin{aligned} A_{\text{total}} &= (3{,}00 \text{ acres}) + (25{,}0 \text{ perch})(4{,}00 \text{ perch}) \\ &= (3{,}00 \text{ acre})\left(\frac{(40 \text{ perch})(4 \text{ perch})}{1 \text{ acre}}\right) + 100 \text{ perch}^2 \\ &= 580 \text{ perch}^2. \end{aligned}$$

Multiplicamos este número pelo fator de conversão perch^2 → rood (1 rood/40 perch^2) para obter a resposta, A_{total} = 14,5 roods.

(b) Convertemos nosso resultado intermediário do item (a):

$$A_{\text{total}} = (580 \text{ perch}^2)\left(\frac{16{,}5 \text{ ft}}{1 \text{ perch}}\right)^2 = 1{,}58 \times 10^{5} \text{ ft}^2.$$

Em seguida, usamos o fator de conversão, pés → metros, dado no Apêndice D para obter

$$A_{\text{total}} = (1{,}58 \times 10^{5} \text{ ft}^2)\left(\frac{1 \text{ m}}{3{,}281 \text{ ft}}\right)^2 = 1{,}47 \times 10^{4} \text{ m}^2.$$

39. PENSE Este problema envolve uma comparação entre o galão inglês e o galão americano, duas unidades de volume que não pertencem ao SI. Uma interpretação errônea do tipo de galão faz com que o cálculo da quantidade de gasolina necessária para percorrer uma dada distância seja feito de forma incorreta.

FORMULE Se o consumo de combustível é R (em milhas por galão), a quantidade de gasolina necessária (em galões) para percorrer uma distância d (em milhas) é dada por

$$V(\text{galão}) = \frac{d\ \text{(milhas)}}{R\ \text{(milhas/galão)}}$$

Como o carro foi fabricado na Inglaterra, o consumo de combustível foi calculado com base no galão inglês; portanto, a interpretação correta seria "40 milhas por galão inglês". Na Inglaterra, não ocorreria a ninguém chamar o galão de "galão inglês"; nos Estados Unidos, entretanto, é natural que o nome "galão" seja interpretado como "galão americano". Note ainda que, como 1 galão inglês = 4,5460900 L e 1 galão americano = 3,7854118 L, a relação entre os dois tipos de galão é

$$1\ \text{galão inglês} = (4{,}5460900\ \text{L})\left(\frac{1\ \text{galão americano}}{3.7854118\ \text{L}}\right) = 1{,}20095\ \text{galões americanos}$$

ANALISE (a) A quantidade de gasolina realmente necessária é

$$V' = \frac{750\ \text{milhas}}{40\ \text{milhas/galão inglês}} = 18{,}75\ \text{galões ingleses} \approx 18{,}8\ \text{galões ingleses}$$

Isso significa que o turista pensa que vai precisar de 18,8 galões americanos.

(b) Podemos determinar a quantidade de gasolina necessária usando o fator de conversão calculado no item (a):

$$V' = (18{,}75\ \text{galões ingleses}) \times \left(\frac{1{,}20095\ \text{galões americanos}}{1\ \text{galão inglês}}\right) \approx 22{,}5\ \text{galões americanos}$$

APRENDA Como a quantidade de gasolina contida em um galão inglês é maior que a quantidade de gasolina contida em um galão americano, um consumo de combustível de 40 milhas por galão inglês é maior que um consumo de combustível de 40 milhas por galão americano.

40. A Eq. 1-7 fornece (com grande precisão!) o fator de conversão de unidades de massa atômica para quilogramas. Como este problema envolve a razão entre uma massa de 1,0 kg e a massa de um átomo (1,0 u expressa em quilograma), basta calcular o recíproco do número dado na Eq. 1-7 e arredondar para o número de algarismos significativos apropriado. O resultado é $6{,}0 \times 10^{26}$.

41. PENSE Este problema envolve a relação entre o *cord*, uma unidade de volume que não pertence ao SI, e a unidade de volume do SI, que é o metro cúbico.

FORMULE Usando a relação (exata) entre unidades de comprimento, 1 polegada = 2,54 cm = 0,0254 m, temos

$$1\ \text{ft} = 12\ \text{in} = (12\ \text{in}) \times \left(\frac{0{,}0254\ \text{m}}{1\ \text{in}}\right) = 0{,}3048\ \text{m}$$

Assim, $1\ \text{pé cúbico} = (0{,}3048\ \text{m})^3 = 0{,}0283\ \text{m}^3$ (essas relações também aparecem no Apêndice D).

ANALISE O volume de 1 cord de madeira é $V = (8\ \text{pés}) \times (4\ \text{pés}) \times (4\ \text{pés}) = 128\ \text{pés cúbicos}.$ Usando o fator de conversão aqui calculado, obtemos

$$V = 1\ \text{cord} = 128\ \text{ft}^3 = (128\ \text{ft}^3) \times \left(\frac{0{,}0283\ \text{m}^3}{1\ \text{ft}^3}\right) = 3{,}625\ \text{m}^3$$

e, portanto, $1\ \text{m}^3 = \left(\frac{1}{3{,}625}\right)\text{cord} = 0{,}276\ \text{cord} \approx 0{,}3\ \text{cord}.$

APRENDA Note que o pé cúbico, a unidade que se deseja eliminar, é cancelado nas relações anteriores. Nas conversões, as unidades obedecem às mesmas regras algébricas que as variáveis e os números.

42. (a) A massa de uma molécula de água em unidades de massa atômica é (16 + 1 + 1)u = 18 u. De acordo com a Eq. 1-7, temos:

$$18\text{ u} = (18\text{ u})\left(\frac{1{,}6605402\times 10^{-27}\,kg}{1\text{ u}}\right) = 3{,}0\times 10^{-26}\text{ kg}$$

(b) Dividindo a massa total pela massa de uma molécula, obtemos o número (aproximado) de moléculas de água:

$$N \approx \frac{\sim 1{,}4\times 10^{21}}{3{,}0\times 10^{-26}} \approx 5\times 10^{46}$$

43. Como um quilograma equivale a um milhão de miligramas, 2,3 kg/semana equivalem a 2,3 $\times$ 10^6 mg/semana. Como uma semana tem 7 dias, um dia tem 24 horas e uma hora tem 3600 segundos, uma semana tem 604.800 segundos. Assim, (2,3 $\times$ 10^6 mg/semana)/(604.800 s/semana) = 3,8 mg/s.

44. O volume de água que caiu foi

$$\begin{aligned} V &= \left(26\text{ km}^2\right)\left(2{,}0\text{ in}\right) = \left(26\text{ km}^2\right)\left(\frac{1000\text{ m}}{1\text{ km}}\right)^2\left(2{,}0\text{ in}\right)\left(\frac{0{,}0254\text{ m}}{1\text{ in}}\right) \\ &= \left(26\times 10^6\text{ m}^2\right)\left(0{,}0508\text{ m}\right) \\ &= 1{,}3\times 10^6\text{ m}^3. \end{aligned}$$

A massa específica da água é

$$\rho = \frac{m}{V} = 1\times 10^3\text{ kg/m}^3.$$

A massa da água que caiu é dada por $m = \rho V$:

$$m = \left(1\times 10^3\text{ kg/m}^3\right)\left(1{,}3\times 10^6\text{ m}^3\right) = 1{,}3\times 10^9\text{ kg}.$$

45. O número de segundos em um ano é 3,156 $\times$ 10^7, um valor que aparece no Apêndice D e é o resultado do produto [(365,25 dias/ano) (24 h/dia) (60 min/h) (60 s/min)].

(a) Como o número de shakes por segundo é 10^8, existem realmente mais shakes em um segundo do que segundos em um ano.

(b) Chamando a idade do universo de 1 dia do universo (ou 86.400 segundos do universo), o tempo que se passou desde que o homem começou a existir é dado por

$$\frac{10^6}{10^{10}} = 10^{-4}\text{ dia do universo,}$$

que também pode ser expresso como

$$\left(10^{-4}\text{ dia do universo}\right)\left(\frac{86.400\text{ segundos do universo}}{1\text{ dia do universo}}\right) = 8{,}6\text{ segundos do universo.}$$

46. O volume removido em um ano é

$$V = (75\times 10^4\text{ m}^2)\,(26\text{ m}) \approx 2\times 10^7\text{ m}^3$$

que, convertido para quilômetros cúbicos, nos dá

$$V = \left(2 \times 10^7 \text{ m}^3\right)\left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}}\right)^3 = 0{,}020 \text{ km}^3.$$

47. PENSE Este problema envolve a conversão da velocidade de luz de unidades do SI para unidades astronômicas por minuto.

FORMULE Para começar, determinamos os fatores de conversão de metros em unidades astronômicas (UA) e de segundos em minutos, usando as relações

$$1000 \text{ m} = 1 \text{ km}, \quad 1 \text{ UA} = 1{,}50 \times 108 \text{ km}, \quad 60 \text{ s} = 1 \text{ min}$$

ANALISE Usando os fatores de conversão anteriores, obtemos

$$c = 3{,}0 \times 10^8 \text{ m/s} = \left(\frac{3{,}0 \times 10^8 \text{ m}}{\text{s}}\right)\left(\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}}\right)\left(\frac{\text{UA}}{1{,}50 \times 10^8 \text{ km}}\right)\left(\frac{60 \text{ s}}{\text{min}}\right) = 0{,}12 \text{ UA/min}$$

APRENDA Quando a velocidade da luz é expressa em UA/min, fica óbvio que são necessários 8,3 (= 1/0,12) minutos para que a luz solar chegue à Terra (ou seja, percorra uma distância de 1 UA).

48. Como a unidade de massa atômica é $1 \text{ u} = 1{,}66 \times 10^{-24}$ g (veja o Apêndice D), a massa de um mol de átomos é aproximadamente $m = (1{,}66 \times 10^{-24} \text{ g})(6{,}02 \times 10^{23}) = 1 \text{ g}$. Por outro lado, se a massa de uma toupeira é 75 g e isso corresponde a 7,5 mols de átomos, a massa de um mol de átomos em uma toupeira é

$$m' = \frac{75 \text{ g}}{7{,}5} = 10 \text{ g}$$

Em unidades de massa atômica, a massa média de um átomo da toupeira comum é

$$\frac{m'}{N_A} = \frac{10 \text{ g}}{6{,}02 \times 10^{23}} = 1{,}66 \times 10^{-23} \text{ g} = 10 \text{ u}.$$

49. (a) Elevando ao quadrado a relação 1 ken = 1,97 m, temos:

$$\frac{1 \text{ ken}^2}{1 \text{ m}^2} = \frac{1{,}97^2 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} = 3{,}88.$$

(b) Analogamente, temos

$$\frac{1 \text{ ken}^3}{1 \text{ m}^3} = \frac{1.97^3 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} = 7{,}65.$$

(c) O volume de um cilindro é a área da base multiplicada pela altura. Assim,

$$\pi r^2 h = \pi\left(3{,}00\right)^2\left(5{,}50\right) = 156 \text{ ken}^3.$$

(d) Multiplicando o resultado do item (c) pelo resultado do item (b), obtemos o volume em metros cúbicos: (155,5)(7,65) = $1{,}19 \times 10^3$ m^3.

50. De acordo com o Apêndice D, uma milha náutica equivale a 1,852 km e, portanto, 24,5 milhas náuticas equivalem a 45,374 km. Além disso, de acordo com o Apêndice D, uma milha equivale a 1,609 km e, portanto, 24,5 milhas equivalem a 39,4205 km. A diferença é 5,95 km.

51. (a) Para o mínimo (43 cm), a conversão é a seguinte:

$$9 \text{ cúbitos} = (9 \text{ cúbitos})\left(\frac{0,43 \text{ m}}{1 \text{ cúbito}}\right) = 3,9 \text{ m}$$

Para o máximo (53 cm), temos:

$$9 \text{ cúbitos} = (9 \text{ cúbitos})\left(\frac{0,53 \text{ m}}{1 \text{ cúbito}}\right) = 4,8 \text{ m}$$

(b) Da mesma forma, como 0,43 m → 430 mm e 0,53 m → 530 mm, obtemos $3,9 \times 10^3$ mm e $4,8 \times 10^3$ mm, respectivamente.

(c) Podemos primeiro converter o comprimento e o diâmetro e depois calcular o volume ou calcular primeiro o volume para depois fazer a conversão. Usamos a segunda abordagem (chamando o diâmetro de d e o comprimento de ℓ).

$$V_{\text{cilindro, min}} = \frac{\pi}{4}\ell d^2 = 28 \text{ cúbitos}^3 = \left(28 \text{ cúbitos}^3\right)\left(\frac{0,43\text{m}}{1 \text{ cúbito}}\right)^3 = 2,2 \text{ m}^3.$$

Substituindo 0,43 m por 0,53 m, obtemos $V_{\text{cilindro, max}} = 4,2 \text{ m}^3$.

52. Abreviando wapentake como "wp" e supondo que um hide equivale a 110 acres, calculamos a razão 25 wp/11 barn usando os fatores de conversão apropriados:

$$\frac{(25 \text{ wp})\left(\frac{100 \text{ hide}}{1 \text{ wp}}\right)\left(\frac{110 \text{ acre}}{1 \text{ hide}}\right)\left(\frac{4047 \text{ m}^2}{1 \text{ acre}}\right)}{(11 \text{ barn})\left(\frac{1\times 10^{-28} \text{ m}^2}{1 \text{ barn}}\right)} \approx 1 \times 10^{36}.$$

53. PENSE Este problema envolve a conversão da distância entre a Terra e o Sol (1 UA) para parsecs e para anos-luz.

FORMULE Para determinar a relação entre parsecs (pc) e unidades astronômicas (UA), levamos em conta o fato de que o ângulo central θ de um arco de circunferência, em radianos, é igual ao comprimento do arco, s, dividido pelo raio R da circunferência. No caso de um raio muito grande e um ângulo central muito pequeno, o comprimento do arco pode ser aproximado por um segmento de reta. Assim, podemos usar a aproximação s = 1 UA, o que nos dá R = 1 pc = 1 UA/θ. Logo,

$$\theta = 1 \text{ arcsec} = (1 \text{ arcsec})\left(\frac{1 \text{ arcmin}}{60 \text{ arcsec}}\right)\left(\frac{1°}{60 \text{ arcmin}}\right)\left(\frac{2\pi \text{ radian}}{360°}\right) = 4,85\times10^{-6} \text{ rad}$$

Assim, um parsec é

$$1 \text{ pc} = \frac{s}{\theta} = \frac{1 \text{ UA}}{4,85 \times 10^{-6}} = 2,06 \times 10^5 \text{ UA}$$

Como um ano-luz corresponde a aproximadamente $3,16 \times 10^7$ s,

$$1 \text{ ano-luz} = (186.000 \text{ mi/s})\,(3,16 \times 10^7 \text{ s}) = 5,9 \times 10^{12} \text{ mi}$$

ANALISE (a) Como 1 pc = 2,06 × 105 UA, temos

$$1 \text{ UA} = (1 \text{ UA})\left(\frac{1 \text{ pc}}{2,06 \times 10^5 \text{ UA}}\right) = 4,9 \times 10^{-6} \text{ pc}$$

(b) Como 1 UA = $92,9 \times 10^6$ milhas, temos

$$1 \text{ UA} = 92,9\times10^6 \text{ mi} = (92,9\times10^6 \text{ mi})\left(\frac{1 \text{ ano-luz}}{5,9 \times 10^{12} \text{ mi}}\right) = 1,57\times10^{-5} \text{ ano-luz}$$

APRENDA Combinando os dois resultados, obtemos a relação 1 pc = 3,2 anos-luz. Além disso, o resultado do item (b) mostra que a luz solar leva $1{,}57 \times 10^{-5}$ ano , ou cerca de 8,3 minutos, para cobrir a distância de 1 UA que separa o Sol da Terra.

54. (a) De acordo com o Apêndice D, 1 ft = 0,3048 m, 1 gal = 231 in^3 e 1 in^3 = $1{,}639 \times 10^{-2}$ L. Assim, 1 gal = 3,79 L e

$$460\ \text{ft}^2/\text{gal} = \left(\frac{460\ \text{ft}^2}{\text{gal}}\right)\left(\frac{1\ \text{m}}{3{,}28\ \text{ft}}\right)^2\left(\frac{1\ \text{gal}}{3{,}97\ \text{L}}\right) = 11{,}3\ \text{m}^2\ /\ \text{L}.$$

(b) Como 1 m^3 equivale a 1000 L, o resultado do item (a) nos dá

$$11{,}3\ \text{m}^2\ /\ L = \left(\frac{11{,}3\ \text{m}^2}{\text{L}}\right)\left(\frac{1000\ \text{L}}{1\ \text{m}^3}\right) = 1{,}13\times 10^4\ \text{m}^{-1}.$$

(c) O inverso da grandeza original é (460 ft^2/gaL $^{-1}$ = $2{,}17 \times 10^{-3}$ gal/ft^2.

(d) A resposta do item (c) representa o volume de tinta (em galões) necessário para pintar uma área de um pé quadrado. A partir desse valor, podemos também calcular a espessura da tinta [que é da ordem de um décimo de milímetro, como podemos constatar calculando o recíproco da resposta do item (b)].

55. (a) O vaso tem um volume de (40 cm)(40 cm)(30 cm) = 48000 cm^3 = 48 L = (48)(16)/11,356 = 67,63 garrafas normais, o que corresponde a pouco mais de 3 nabucodonosores (a maior garrafa da lista). O volume de vinho restante, 7,63 garrafas normais, corresponde a pouco menos que 1 matusalém. Assim, a resposta do item (a) é 3 nabucodonosores e 1 matusalém.

(b) Como 1 matusalém = 8 garrafas normais, vai sobrar 8 – 7,63 = 0,37 garrafa normal.

(c) Usando a relação 16 garrafas normais = 11,356 L, obtemos

$$0{,}37\ \text{garrafa normal} = (0{,}37\ \text{garrafa normal})\left(\frac{11{,}356\ \text{L}}{16\ \text{garrafas normais}}\right) = 0{,}26\ \text{L}$$

56. A massa do porco é 3,108 slugs, o que equivale a (3,108)(14,59) = 45,346 kg. Quanto ao milho, um alqueire americano equivale a 35,238 L. Assim, um valor de 1 para a razão milho-porco equivale a 35,238/45,346 = 0,7766 em kg/L. Assim, um valor de 5,7 para a razão milho-porco corresponde a 5,7(0,777) × 4,4 kg/L.

57. Duas pimentas jalapeño têm uma ardência de 8000 SHU; se multiplicarmos esse valor por 400 (o número de pessoas que vão participar do jantar), obtemos $3{,}2 \times 10^6$ SHU, o que corresponde a uma ardência dez vezes maior que a de uma pimenta habanero. Mais precisamente, são necessárias 10,7 pimentas habanero para obter a ardência desejada.

58. Uma solução simplista seria calcular o aumento total como o produto do número de degraus da escada pelo aumento da distância horizontal por degrau, Δx = 0,05 m:

$$x = N_{\text{degrau}}\,\Delta x = \left(\frac{4{,}57}{0{,}19}\right)(0{,}05\ \text{m}) = 1{,}2\ \text{m}.$$

Entretanto, examinando a questão mais detidamente, chega-se à conclusão de que, na verdade, se são necessárias $N = 4{,}57/0{,}19 \times 24$ elevações para chegar ao alto da escada, então são necessários apenas $N - 1 = 23$ percursos (deslocamentos horizontais). Desse modo, a solução correta é (23)(0,05 m) = 1,15 m, ligeiramente menor que o resultado anterior.

59. O volume da caixa de isopor é 24000 cm^3 = 24 litros, o que equivale (usando o fator de conversão dado no problema) a 50,7 pints americanos. O número esperado de ostras é, portanto, de 1317 a 1927 ostras do Atlântico. O número de ostras do Pacífico recebidas está entre 406 e 609, o que representa um número de ostras a menos entre 700 e 1500. Essa é a resposta do problema. Note que o menor valor da resposta corresponde à diferença entre o menor número de ostras do Atlântico e o maior número de ostras do Pacífico, e o maior valor da resposta corresponde à diferença entre o maior número de ostras do Atlântico e o menor número de ostras do Pacífico.

60. (a) O primeiro passo consiste em converter todos os volumes de água para colheres de chá inglesas:

1 xícara inglesa	= 2 × 8 × 2 × 2 = 64 colheres de chá inglesas
1 xícara de chá	= 8 × 2 × 2 = 32 colheres de chá inglesas
6 colheres de sopa	= 6 × 2 × 2 = 24 colheres de chá inglesas

1 colher de sobremesa = 2 colheres de chá inglesas

o que nos dá um total de 122 colheres de chá inglesas, o que equivale a 122 colheres de chá americanas, já que se trata de um líquido. Por outro lado, se meia xícara americana equivale a 8 colheres de sopa, e uma colher de sopa equivale a 3 colheres de chá, uma xícara americana equivale a $2 \times 8 \times 3 = 48$ colheres de chá. Como $122/48 \approx 2,54$, esse volume corresponde a 2,5 xícaras americanas mais 0,54 xícara $= 0,04 \times 48 = 1,92 \times 2$ colheres de chá. Assim, em unidades americanas, o volume de caldo é aproximadamente igual a 2,5 xícaras e 2 colheres de chá.

(b) No caso das folhas de urtiga, um quarto inglês corresponde a um quarto em unidades americanas.

(c) No caso do arroz, uma colher de sopa inglesa equivale a 4 colheres de chá inglesas, que, como se trata de um sólido, equivalem a 8 colheres de chá americanas.

(d) No caso do sal, uma colher de sal inglesa equivale a meia colher de chá inglesa, que, como se trata de um sólido, equivale a 1 colher de chá americana.