

Capítulo 1 – Termometria

Contextualize

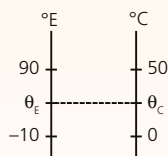
Professor, provavelmente os alunos terão maior familiaridade com os termômetros clínicos e poucos conhecem os demais tipos de termômetros existentes para finalidades diversas, como o termômetro elétrico, a gás, entre outros. Nesse momento de pesquisa, terão a oportunidade de conhecer alguns desses tipos de termômetros e verificar como suas medidas são realizadas.

Complementares

9. a

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{28}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow 28 \cdot 9 = 5 \cdot (\theta_F - 32) \Rightarrow \theta_F = 82,4 \text{ }^\circ\text{F}$$

10. d



Montando a proporção, temos:

$$\frac{\theta_C - 0}{50 - 0} = \frac{\theta_E + 10}{90 + 10} \Rightarrow \frac{\theta_C}{50} = \frac{\theta_E + 10}{100} \Rightarrow \theta_C = \frac{\theta_E + 10}{2}$$

Para $\theta_C = 90 \text{ }^\circ\text{C}$, temos:

$$90 \cdot 2 = \theta_E + 10 \Rightarrow \theta_E = 180 - 10 \Rightarrow \theta_E = 170 \text{ }^\circ\text{E}$$

11. (01)(F) $100 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

(02)(V) A temperatura kelvin, ou absoluta, é a medida do grau de agitação térmica. E tem valor nulo quando é cessada a agitação térmica.

(04)(F) $32 \text{ }^\circ\text{F} = 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$, muito acima do 0 K .

(08)(F) A temperatura é proporcional à energia cinética das moléculas.

(16)(F) $0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$, valor muito acima do 0 K .

Soma = 2 (02)

12. d

Fazendo a correspondência entre a escala Celsius e as alturas da coluna, temos:

$$\frac{\theta_C - 34}{46 - 34} = \frac{8 - 2}{14 - 2} \Rightarrow \frac{\theta_C - 34}{12} = \frac{6}{12} \Rightarrow \theta_C = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

21. e

Fazendo a correspondência entre a escala Celsius e as alturas da coluna, temos:

$$\frac{\theta_C - 0}{100 - 0} = \frac{\theta_Z - 50}{200 - 50} \Rightarrow \frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_Z - 50}{150}$$

Para $0 \text{ }^\circ\text{C}$ temos que:

$$\frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_Z - 50}{150} \Rightarrow \frac{0}{100} = \frac{\theta_Z - 50}{150} \Rightarrow \theta_Z = 50 \text{ }^\circ\text{Z}$$

Para $100 \text{ }^\circ\text{C}$, temos $200 \text{ }^\circ\text{Z}$

Para $120 \text{ }^\circ\text{Z}$, temos:

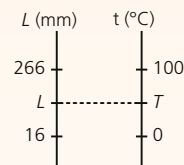
$$\frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_Z - 50}{150} \Rightarrow \frac{\theta_C}{100} = \frac{120 - 50}{150} \Rightarrow \theta_C = 46,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Para $60 \text{ }^\circ\text{C}$, temos:

$$\frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_Z - 50}{150} \Rightarrow \frac{60}{100} = \frac{\theta_Z - 50}{150} \Rightarrow \theta_Z = 140 \text{ }^\circ\text{Z}$$

22. d

Estabelecendo-se a proporção:



$$\frac{L - 16}{250} = \frac{T}{100} \Rightarrow L - 16 = 2,5 \cdot T \Rightarrow L = 2,5 \cdot T + 16$$

23. b

Menor valor de T é para $L = 0$, então:

da expressão $L = 2,5T + 16$, para $L = 0$, fica:

$$0 = 2,5T + 16 \Rightarrow 2,5T = -16 \Rightarrow T = \frac{-16}{2,5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = -6,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

24. d

250 mm ——— 100 °C

x mm ——— 1 °C

Então:

$$x \cdot 100 = 250 \Rightarrow x = 2,5 \text{ mm}$$

Tarefa proposta

1. d

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{\theta_C}{5} = \frac{104 - 32}{9} \Rightarrow \frac{\theta_C}{5} = \frac{72}{9} \Rightarrow \theta_C = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

2. a

$$T = \theta_C + 273 \Rightarrow \theta_C = T - 273 \Rightarrow \theta_C = 173 - 273 \Rightarrow \theta_C = -100 \text{ }^\circ\text{C}$$

3. c

Para $36 \text{ }^\circ\text{C}$, basta somarmos 273 e teremos a temperatura em Kelvin. Assim,

$$\theta_K = \theta_C + 273 \Rightarrow \theta_K = 36,0 + 273 = 309,0 \text{ K}$$

Para $37,4 \text{ }^\circ\text{C}$, temos:

$$\theta_K = \theta_C + 273 \Rightarrow \theta_K = 37,4 + 273 = 310,4 \text{ K}$$

4. e

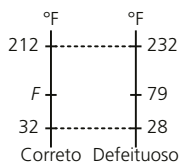
Usando a equação de conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit, temos:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_C = 5 \cdot \frac{(15,8 - 32)}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_C = -9 \text{ }^\circ\text{C}$$

5. d



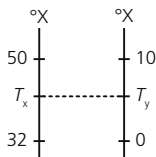
$$\frac{F - 32}{180} = \frac{79 - 28}{204} \Rightarrow F - 32 = \frac{180 \cdot 51}{204} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F = 45 + 32 \Rightarrow F = 77 \text{ }^\circ\text{F}$$

Em $^\circ\text{C}$, é:

$$C = \frac{5(F - 32)}{9} \Rightarrow C = \frac{5(77 - 32)}{9} \Rightarrow C = \frac{225}{9} \Rightarrow C = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

6. e



Fazendo a proporção:

$$\frac{T_x - 32}{50 - 32} = \frac{T_y - 0}{10 - 0} \Rightarrow \frac{T_x - 32}{18} = \frac{T_y}{10} \Rightarrow T_x - 32 = 1,8 \cdot T_y \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_x = 1,8 \cdot T_y + 32$$

7. d

$$F - C = 92, \text{ então: } F = C + 92$$

$$\text{Sendo } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow 9 \cdot C = 5 \cdot (C + 92 - 32) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 9 \cdot C = 5 \cdot C + 300 \Rightarrow 4 \cdot C = 300 \Rightarrow C = 75 \text{ }^\circ\text{C} \text{ e } F = 75 + 92 \Rightarrow F = 167 \text{ }^\circ\text{F}$$

8. a

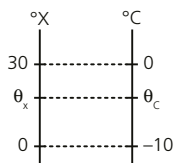
Utilizando o termômetro com a escala Celsius, temos:

$$\frac{\theta_C - 0}{5 - 0} = \frac{100 - 0}{20 - 0} \Rightarrow \frac{\theta_C}{5} = 5 \Rightarrow \theta_C = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Utilizando o termômetro com a escala Fahrenheit, temos:

$$\frac{\theta_F - 32}{5 - 0} = \frac{212 - 32}{20 - 0} \Rightarrow \frac{\theta_F - 32}{5} = \frac{180}{20} \Rightarrow \theta_F = 77 \text{ }^\circ\text{F}$$

9. e



Fazendo a proporção:

$$\frac{\theta_x - 0}{30 - 0} = \frac{\theta_c + 10}{0 + 10} \Rightarrow \frac{\theta_x}{30} = \frac{\theta_c + 10}{10}$$

Então, para $\theta_c = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ (ebulição da água):

$$\frac{\theta_x}{30} = \frac{100 + 10}{10} \Rightarrow \theta_x = 3 \cdot 110 \Rightarrow \theta_x = 330 \text{ }^\circ\text{X}$$

10. c

Utilizando a equação de conversão entre as escalas, temos:

$$\theta_{NI} = \frac{5 \cdot (68 - 32)}{9} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_{RO} = 291 \text{ K} - 273 \text{ K} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

Assim, temos que a ordem correta é $\theta_{RO} < \theta_{NI} < \theta_{SP}$.

11. c

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{\theta_C}{5} = \frac{451 - 32}{9} \Rightarrow \theta_C = \frac{5 \cdot 419}{9} \Rightarrow \theta_C = 232,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

12. c

Da equação de conversão entre as escalas, temos:

$$\theta_C = \theta_K - 273 = 313 - 273 \Rightarrow \theta_C = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

13. a

Substituindo o valor dado em Celsius, podemos calcular a temperatura nas outras escalas:

$$\frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{-200}{5} = \frac{\theta_K - 273}{5}$$

$$\frac{\theta_F - 32}{9} = -40 = \frac{\theta_K - 273}{5}$$

Assim, para a escala Fahrenheit, temos:

$$\frac{\theta_F - 32}{9} = -40 \Rightarrow \theta_F = -360 + 32 = -328 \text{ }^\circ\text{F}$$

E para a escala Kelvin, temos:

$$-40 = \frac{\theta_K - 273}{5} \Rightarrow -200 = \theta_K - 273 = 73 \text{ K}$$

14. b

Para $\theta_C = 42 \text{ }^\circ\text{C}$, em que:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{42}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \theta_F - 32 = \frac{9 \cdot 42}{5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_F = 75,6 + 32 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_F = 107,6 \text{ }^\circ\text{F}$$

15. b

Considerando a relação:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{T - 273}{5}$$

temos:

$$\frac{-271,25}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \theta_F - 32 = 9 \cdot (-54,25) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_F = -488,25 + 32 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_F = -456,25 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T = \theta_C + 273 \Rightarrow T = -271,25 + 273 \Rightarrow T = 1,75 \text{ K}$$

16. d

Nesse caso, com o aumento de temperatura, o vidro se dilataria mais do que o fluido termométrico, fazendo com que o valor apresentado na escala diminuísse ao invés de aumentar. Seria necessário que o bulbo fosse calibrado para uma temperatura mais baixa, com a máxima quantidade de fluido, e a escala seria invertida.

17. $\theta_F = -320,8 \text{ }^\circ\text{F}$

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{-196}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -196 \cdot 9 = 5 \cdot (\theta_F - 32) \Rightarrow -1764 = 5\theta_F - 160$$

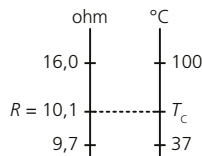
$$\theta_F = \frac{-1764 + 160}{5} \Rightarrow \theta_F = -320,8 \text{ }^\circ\text{F}$$

18. c

Fazendo as proporções devidas entre as escalas, temos:

$$\frac{\theta - 0}{100 - 0} = \frac{h - 2}{27 - 2} \Rightarrow \theta = \frac{100}{25}(h - 2) \Rightarrow \theta = 4h - 8$$

19. a



Estabelecendo a proporção, temos:

$$\frac{T_c - 37}{100 - 37} = \frac{R - 9,7}{16 - 9,7} \Rightarrow \frac{T_c - 37}{63} = \frac{R - 9,7}{6,3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{T_c - 37}{10} = R - 9,7 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_c = 10 \cdot R - 97 + 37 \Rightarrow T_c = 10 \cdot R - 60 \Rightarrow T_c = 10,0 \cdot (R - 6)$$

Para $R = 10,1$, fica: $T_c = 10,0 \cdot (10,1 - 6) \Rightarrow T_c = 41 \text{ }^\circ\text{C}$

20. b

A máxima temperatura que a sonda poderia suportar, em $^\circ\text{C}$, é dada por:

$$\theta_c = \theta_k - 273 \Rightarrow \theta_c = 1773 - 273 \Rightarrow \theta_c = 1500 \text{ }^\circ\text{C}$$

A sonda ainda pode se aproximar:

$$1 \text{ }^\circ\text{C} \text{ ————— } 1500 \text{ km}$$

$$500 \text{ }^\circ\text{C} \text{ ————— } x$$

$$x = 750000 \text{ km}$$

Como já está próxima 6000000 km, então:

$$6000000 - 750000 = 5250000 \text{ km}$$

21. $01 + 02 + 08 = 11$.

(01) Correta

(02) Correta

(04) Falsa: $\frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_f - 32}{9} \Rightarrow \frac{20}{5} = \frac{\theta_f - 32}{9} \Rightarrow$

$$\Rightarrow 20 \cdot 9 = (\theta_f - 32) \cdot 5 \Rightarrow 180 = 5\theta_f - 160 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_f = 60 \text{ }^\circ\text{F}$$

(08) Correta

(16) Falsa: $\Delta C = \Delta K$. Logo, a variação será de 10 K.

22. e

Fazendo a proporção entre cm e $^\circ\text{C}$:

$$2,7 \text{ cm} \text{ ————— } 3,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$x \text{ cm} \text{ ————— } 1 \text{ }^\circ\text{C}$$

Temos: $x = \frac{2,7}{3,6} \text{ cm}/^\circ\text{C} \Rightarrow x = 0,75 \text{ cm}/^\circ\text{C}$

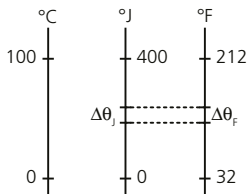
Sabendo que a relação entre as variações de temperatura nas escalas Celsius e Fahrenheit é $\frac{\Delta\theta_c}{5} = \frac{\Delta\theta_f}{9}$, para $\Delta\theta_f = 3,6 \text{ }^\circ\text{F}$:

$$\frac{\Delta\theta_c}{5} = \frac{3,6}{9} \Rightarrow \Delta\theta_c = \frac{5 \cdot 3,6}{9} \Rightarrow \Delta\theta_c = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Então: se $x = 0,75 \text{ cm}/^\circ\text{C}$,

para $\Delta\theta_c = 2 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow x = 2 \cdot 0,75 = 1,5 \text{ cm}$

23. d



$$\frac{\Delta\theta_j}{400} = \frac{\Delta\theta_f}{180} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{180 \cdot \Delta\theta_j}{400} = \Delta\theta_f$$

$$\Delta\theta_f = 0,45 \cdot \Delta\theta_j$$

24. b

$$\frac{\Delta\theta_c}{5} = \frac{\Delta\theta_f}{9} \text{ e } \Delta\theta_c = 45 - 10 \Rightarrow \Delta\theta_c = 35 \text{ }^\circ\text{C}, \text{ então:}$$

$$\frac{35}{5} = \frac{\Delta\theta_f}{9} \Rightarrow \Delta\theta_f = 9 \cdot 7 \Rightarrow \Delta\theta_f = 63 \text{ }^\circ\text{F}$$

25. c

Encontrando a primeira temperatura correspondente, na escala Kelvin, temos:

$$\theta_{1K} = \theta_{1C} + 273 \Rightarrow \theta_{1K} = 120 + 273 \Rightarrow \theta_{1K} = 393 \text{ K}$$

A variação de temperatura em Kelvin é dada por:

$$\Delta\theta_K = 438 - 393 \Rightarrow \Delta\theta_K = 45 \text{ K}$$

Da relação de variação entre as escalas Kelvin e Fahrenheit,

temos: $\frac{\Delta\theta_K}{5} = \frac{\Delta\theta_F}{9} \Rightarrow \Delta\theta_F = \frac{45 \cdot 9}{5} \Rightarrow \Delta\theta_F = 81 \text{ }^\circ\text{F}$

26. $\Delta\theta = 8 \text{ K}$

As variações de temperatura nas escalas Kelvin e Celsius, são numericamente iguais. Assim,

$$\Delta\theta_C = 4,5 - (-3,5) = 8 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta\theta_K = 8 \text{ K}$$

27. e

Na expressão: $h = 1,2 \cdot \theta + 10$, quando $\theta = 0$, $h = 10 \text{ mm}$

O coeficiente de variação de h em função de θ é: $\frac{\Delta h}{\Delta \theta} = 1,2$

Por exclusão, temos apenas os gráficos **d** e **e** com $h = 10 \text{ mm}$ para $\theta = 0$.

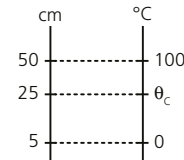
No gráfico: $\frac{\Delta h}{\Delta \theta} = \frac{20 - 10}{5 - 0} = \frac{10}{5} = 2$, então **e** é incorreto.

28. b

$$\Delta\theta_F = 86 - 23 \Rightarrow \Delta\theta_F = 63 \text{ }^\circ\text{F} \text{ e } \Delta\theta_F = 1,8 \Delta\theta_C$$

Então: $\Delta\theta_C = \frac{63}{1,8} \Rightarrow \Delta\theta_C = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

29. b



Estabelecendo a proporção, temos:

$$\frac{\theta_c}{100} = \frac{25 - 5}{50 - 5} \Rightarrow \frac{\theta_c}{100} = \frac{20}{45} \Rightarrow \theta_c = \frac{2000}{45} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_c = 44,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

30. a

a) Correta. A variação de temperatura foi maior entre quinta e sexta-feira, pois se trata da diferença entre as temperaturas máxima e mínima, que pode ser notada pela maior distância entre as linhas (vermelha para temperatura máxima e azul para mínima) do gráfico.

b) Incorreta. A maior temperatura foi no domingo, mas a variação foi a menor da semana.

c) Incorreta. As menores temperaturas, máxima e mínima, da semana ocorreram na quinta-feira, mas a variação foi máxima.

d) Incorreta. O gráfico apresenta maiores e menores distâncias entre as linhas, portanto a variação de temperatura não foi sempre a mesma.

e) Incorreta. Comparando-se as distâncias entre as linhas do gráfico, é possível perceber que na segunda-feira ela foi maior que no domingo.

Capítulo 2 – Calorimetria

Conexões

Geadas é um fenômeno da natureza que ocorre quando se formam camadas finas de gelo sobre as plantas ou outras superfícies lisas, como vidros de janelas. Por causa da baixa temperatura, o vapor de água da atmosfera se condensa, criando o orvalho, que se deposita na forma de gotículas sobre as superfícies que estão mais próximas do solo. Se a temperatura for muito baixa, o vapor de água congela, ou seja, passa diretamente para o estado sólido, formando o que se conhece por geada.

2. Os rios voadores são grandes massas de vapor de água que circulam de uma região para outra, levando umidade e provocando chuvas. Veja em:
- <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/sao-rios-voadores-imensas-massas-vapor-de-agua-levadas-correntes-ar-534365.shtml>>.
 - <<http://riosvoadores.com.br/>>.

Complementares

9. c

$$\begin{cases} Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \\ Q = P \cdot \Delta t \end{cases} \Rightarrow P \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow \\ \Rightarrow P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Delta t} = \frac{1,3 \cdot 4 \cdot 100}{3600} \Rightarrow P = 0,14 \text{ W}$$

10. d

Água 1
 $V_1 = 500 \text{ mL}$
 $m_1 = 500 \text{ g}$
 $\theta_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
Água 2
 $V_2 = 200 \text{ mL}$
 $m_2 = 200 \text{ g}$
 $\theta_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

Na troca de calor:

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 = 0 &\Rightarrow m_1 \cdot c \cdot \Delta\theta_1 + m_2 \cdot c \cdot \Delta\theta_2 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow m_1 \cdot (\theta - 20) + m_2 \cdot (\theta - 50) = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 500 \cdot \theta - 10000 + 200 \cdot \theta - 10000 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 700 \cdot \theta = 20000 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \theta = 28,57 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

11. b

$$C_m = \frac{40 + 20}{2} = 30 \text{ cal/}^\circ\text{C}.$$

$$Q = C_m \Delta\theta = 30 \cdot 50 \Rightarrow Q = 1500 \text{ cal}$$

12. c

Corpo A: água; $m_A = 200 \text{ g}$; $\theta_{0A} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; $c_A = 1 \text{ cal/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$
Corpo B: metal; $m_B = 100 \text{ g}$; $\theta_{0B} = 95 \text{ }^\circ\text{C}$; $c_B = 0,2 \text{ cal/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$
Calorímetro: capacidade térmica C ; $\theta_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Temperatura de equilíbrio térmico: $\theta = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
 $Q_A + Q_B + Q_C = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow m_A \cdot c_A \cdot \Delta\theta_A + m_B \cdot c_B \cdot \Delta\theta_B + C \cdot \Delta\theta_C = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow 200 \cdot 1 \cdot (30 - 25) + 100 \cdot 0,2 \cdot (30 - 95) + C \cdot (30 - 25) = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow 1000 + (-1300) + 5 \cdot C = 0 \Rightarrow \frac{300}{5} \Rightarrow C = 60 \text{ cal/}^\circ\text{C}$

21. b

$$P_1 = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow P_1 = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Delta t_1}$$

$$P_2 = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow P_2 = \frac{m \cdot L}{\Delta t_2}$$

$$P_1 = P_2$$

$$\frac{m' \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Delta t_1} = \frac{m' \cdot L}{\Delta t_2} \Rightarrow L = \frac{c \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t_2}{\Delta t_1}$$

$$L = \frac{0,58 \cdot (78 - 0) \cdot (54 - 10)}{10} \Rightarrow L \approx 200 \text{ cal/g}$$

22. c

O gelo está inicialmente na temperatura de fusão, a $0 \text{ }^\circ\text{C}$; então, ao receber calor, permanece com a temperatura constante até que todo o gelo se funda. Somente depois disso a temperatura aumenta até $70 \text{ }^\circ\text{C}$.

23. a

$$Q = m \cdot L \Rightarrow L = \frac{Q}{m} \Rightarrow L = \frac{1000 - 300}{10} \Rightarrow L = 70 \text{ cal/g}$$

24. e

A temperatura de fusão de A é maior que a de B, graças ao patamar mais elevado no gráfico. O calor latente de B é maior que o de A, pois recebe calor por mais tempo, portanto maior quantidade de calor recebido.

Tarefa proposta

1. b

A energia potencial, que será transformada em calor, depende da massa, da altura e da aceleração da gravidade no local; portanto, será maior se a altura e a massa forem aumentadas.

2. c

$$\begin{cases} Q = P \cdot \Delta t \\ Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \end{cases} \Rightarrow P \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{P} = \frac{1 \cdot 460 \cdot 50}{500} \Rightarrow \Delta t = 46 \text{ s}$$

3. e

Nas trocas de calor, $\Sigma Q = 0$, então:

$$\begin{aligned} Q_{\text{água}} + Q_{\text{sólido}} = 0 &\Rightarrow \\ \Rightarrow m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta_{\text{água}} + m_{\text{sólido}} \cdot c_{\text{sólido}} \cdot \Delta\theta_{\text{sólido}} = 0 &\Rightarrow \\ \Rightarrow 400 \cdot 1 \cdot (30 - 25) + 100 \cdot c \cdot (30 - 100) = 0 &\Rightarrow \\ \Rightarrow 400 \cdot 5 + 100 \cdot c \cdot (-70) = 0 \Rightarrow 7000 \cdot c = 2000 &\Rightarrow \\ \Rightarrow c = 0,285 \text{ cal/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

4. a

Na experiência de Joule, a energia potencial gravitacional é transformada em calor.

$$E_p = 2 \cdot m \cdot g \cdot h \Rightarrow E_p = 4 \cdot 10 \cdot 10 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_p = 400 \text{ J} \Rightarrow E_p = \frac{400}{4} \text{ cal} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_p = 100 \text{ cal} \Rightarrow Q = 100 \text{ cal}$$

Então:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 100 = 200 \cdot 1 \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = 0,50 \text{ }^\circ\text{C}$$

5. e

A potência útil pode ser encontrada por:

$$P = 2 \cdot 10^3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 20 \text{ m}^2 \cdot 0,6 = 24000 \text{ W}$$

A quantidade de calor trocada

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = m \cdot 1 \cdot 4,2 \cdot \Delta\theta$$

Para a expressão da potência do calor, temos:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{m}{\Delta t} \cdot 4,2 \cdot \Delta\theta$$

Assim,

$$\frac{m}{\Delta t} = 6 \frac{\ell}{\text{min}} = \frac{6}{60} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

E, portanto,

$$24\,000 = \frac{6}{60} \cdot 4,2 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta \approx 57,1^\circ\text{C}$$

6. e

As fagulhas do metal incandescente estão em alta temperatura, mas têm massa muito pequena, e o calor específico dos metais é baixo, então a capacidade térmica é bem menor que a de um copo de água fervente. O calor trocado para resfriar um corpo é proporcional à sua capacidade térmica.

7. a

$$Q_{\text{água}} + Q_{\text{ferro}} = 0 \Rightarrow C_{\text{água}} \cdot \Delta\theta_{\text{água}} + C_{\text{ferro}} \cdot \Delta\theta_{\text{ferro}} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 5 \cdot C_{\text{ferro}} \cdot (\theta - 20) + C_{\text{ferro}} \cdot (\theta - 50) = 0$$

Dividindo a expressão por C_{ferro} :

$$5 \cdot (\theta - 20) + \theta - 50 = 0 \Rightarrow 5\theta - 100 + \theta - 50 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6\theta = 150 \Rightarrow \theta = 25^\circ\text{C}$$

8. d

Da Biologia, temos que a água absorvida nas raízes das plantas é conduzida aos vasos lenhosos do xilema e ao mesófilo das folhas, e o excedente é eliminado na forma de vapor pelos estômatos na epiderme foliar.

Para encontrarmos a energia necessária para a evaporação, temos:

$$d_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm} = 10^3 \text{ kg/m}^3;$$

$$D = 2 \text{ mm} \Rightarrow R = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m};$$

$$\pi = 3;$$

$$L = 2,45 \text{ MJ/kg} = 2,45 \cdot 10^6 \text{ J/kg}.$$

$$Q = m \cdot L = d_{\text{água}} \cdot V_{\text{gota}} \cdot L = d_{\text{água}} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot R^3 \cdot L$$

$$\Rightarrow Q = 10^3 \cdot 4 \cdot (10^{-3})^3 \cdot 2,45 \cdot 10^6 = 4 \cdot 2,45 \Rightarrow Q = 9,8 \text{ J}$$

9. a

$$\text{Potência irradiada: } 1000 \text{ W/m}^2 \cdot 10 \text{ m}^2 = 10000 \text{ W} \Rightarrow 10^4 \text{ W}$$

$$\text{Potência absorvida na forma de calor: } P = 50\% \cdot 10^4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = 5 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\text{Massa de água: } m = d \cdot V \Rightarrow m = 10^3 \cdot 180 \Rightarrow m = 1,8 \cdot 10^5 \text{ g}$$

Quantidade de calor para aquecer a água:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 1,8 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot (40 - 15) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 1,8 \cdot 25 \cdot 10^5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 4,5 \cdot 10^6 \text{ cal} \Rightarrow Q = 4,5 \cdot 10^6 \cdot 4 \text{ J} \Rightarrow Q = 18 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$\text{Da definição de potência: } P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{18 \cdot 10^6}{5 \cdot 10^3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = 3,6 \cdot 10^3 \text{ s} \Rightarrow \Delta t = 1 \text{ h}$$

10. c

No gráfico, temos:

Bloco (I) resfria de 180°C para 80°C , perdendo 5 kJ de calor.

Líquido (II) aquece de 0°C a 60°C , ganhando 9 kJ de calor.

$$C_I = \frac{Q}{\Delta\theta} \Rightarrow C_I = \frac{-5\,000}{-100} \Rightarrow C_I = 50 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

$$C_{II} = \frac{Q}{\Delta\theta} \Rightarrow C_{II} = \frac{9\,000}{60} \Rightarrow C_{II} = 150 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

$$Q_I + Q_{II} = 0 \Rightarrow C_I \cdot \Delta\theta + C_{II} \cdot \Delta\theta = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 50 \cdot (\theta - 100) + 150 \cdot (\theta - 20) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 50 \cdot \theta - 5\,000 + 150 \cdot \theta - 3\,000 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 200 \cdot \theta = 8\,000 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = 40^\circ\text{C}$$

11. c

A massa de água aquecida é:

$$m = d_a \cdot V = 1000 \cdot 0,02 = 20 \text{ kg} \Rightarrow m = 20\,000 \text{ g}$$

Da equação de potência com a equação fundamental da Calorimetria, temos:

$$\left\{ \begin{array}{l} P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P\Delta t \\ Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \end{array} \right\} \Rightarrow P \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Delta t} = \frac{20\,000 \cdot 4,2 \cdot 30}{600} \Rightarrow P = 4\,200 \text{ W}$$

12. $P = 1\,000 \text{ cal/s}$ e $V_{\text{azão}} = 1,5 \text{ L/min}$

A potência de $4\,000 \text{ W} = 4\,000 \text{ J/s}$.

Como:

$$4 \text{ J} \text{ ————— } 1 \text{ cal}$$

$$4\,000 \text{ J} \text{ ————— } 1\,000 \text{ cal}$$

Portanto, a potência térmica da torneira será de $1\,000 \text{ cal/s}$.

Assim, temos:

$$P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow 1\,000 = \frac{m \cdot c \cdot \Delta\theta}{\Delta t} \Rightarrow 1\,000 = \frac{m \cdot 1 \cdot (60 - 20)}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m}{\Delta t} = \frac{1\,000}{40} \Rightarrow \frac{m}{\Delta t} = 25 \text{ g/s}$$

Adequando às unidades, temos:

$$1 \text{ min} \text{ ————— } 60 \text{ s}; \quad 1 \text{ L} \text{ ————— } 1\,000 \text{ g}$$

$$\Rightarrow \frac{m}{\Delta t} = 1\,500 \text{ g/min}$$

$$\Rightarrow \frac{m}{\Delta t} = 1,5 \text{ L/min}$$

13. c

Para aquecer a água de 8°C , é necessária uma quantidade de calor útil:

$$Q_{\text{água}} = 100 \cdot 1 \cdot 8 \Rightarrow Q_{\text{água}} = 800 \text{ cal} \Rightarrow Q_{\text{água}} = 800 \cdot 4 \text{ J} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{\text{água}} = 3,2 \text{ kJ}$$

Para aquecer a areia de 30°C , é necessária uma quantidade de calor útil:

$$Q_{\text{areia}} = 100 \cdot 0,2 \cdot 30 \Rightarrow Q_{\text{areia}} = 600 \text{ cal} \Rightarrow Q_{\text{areia}} = 600 \cdot 4 \text{ J} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{\text{areia}} = 2,4 \text{ kJ}$$

A quantidade de calor total, cedida a cada um dos corpos, foi:

$$Q_{\text{total}} = 3,6 \text{ kJ}$$

Para a água:

$$Q_{\text{dissipada}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{água}} \Rightarrow Q_{\text{dissipada}} = 3,6 - 3,2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{\text{dissipada}} = 0,4 \text{ kJ}$$

Para a areia:

$$Q_{\text{dissipada}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{areia}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{\text{dissipada}} = 3,6 - 2,4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{\text{dissipada}} = 1,2 \text{ kJ}$$

14. a) A curva que corresponde ao aquecimento do asfalto é a curva A, pois apresenta maiores valores de temperatura.

b) A máxima diferença de temperatura ocorre às 13 h e é de 11 °C (57 °C – 46 °C = 11 °C).

c) O volume do asfalto em 10000 m² de área por 0,1 m de espessura é $V = 10000 \cdot 0,1 \Rightarrow V = 1000 \text{ m}^3$.

A massa de asfalto é:

$$m = V \cdot d \Rightarrow m = 1000 \cdot 2300 \Rightarrow m = 2,3 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

A variação de temperatura do asfalto no período de 8 h até 13 h é de:

$$\Delta\theta = 57 - 31 \Rightarrow \Delta\theta = 26 \text{ °C}$$

Então, a quantidade de calor empregada é de:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,75 \cdot 26 \Rightarrow Q = 4,485 \cdot 10^7 \text{ kJ}$$

15. b

Como as quantidades de calor recebida pelo ferro e pelo alumínio são as mesmas, e utilizando a equação fundamental da Calorimetria, temos:

$$Q_1 = Q_2 \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta T_1 = m_2 \cdot c_2 \cdot \Delta T_2$$

$$\Rightarrow \Delta T_2 = \frac{c_1 \cdot \Delta T_1}{c_2} \Rightarrow \Delta T_2 = \frac{0,11 \cdot 200}{0,22} = 100 \text{ °C}$$

16. b

Do total da energia útil recebida do Sol,

$$100\% - 19\% - 35\% = 46\%.$$

Assim,

$$Q = 1410 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 0,46 = 648,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Calculando a energia total em uma hora de funcionamento da placa, com eficiência de 20%, temos que a energia útil será de:

$$Q = 648,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{J}}{\text{W}} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot 1 \text{ h} \cdot 0,20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 466992 \text{ J}$$

Assim, da equação fundamental da Calorimetria, temos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{m \cdot c}$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{466992 \text{ J}}{3,6 \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{°C}}}$$

$$\Rightarrow \Delta T = 30,89 \text{ °C}$$

17. e

a) Verificar comentário para item b.

b) Como não é informado o estado físico inicial do corpo, não se pode concluir em que fase o corpo está em qualquer temperatura.

c) Entre 0 °C e 40 °C, o corpo se aquece, e a 40 °C se inicia uma mudança de fase.

d) Há uma mudança de fase na temperatura de 40 °C.

18. d

No gráfico, a quantidade de calor para a mudança de fase é de 600 cal.

$$\text{Então: } L = \frac{Q}{m} \Rightarrow L = \frac{600}{100} \Rightarrow L = 6 \text{ cal/g}$$

19. a) Sendo constante a taxa de transferência de calor, a quantidade de calor é proporcional ao tempo de aquecimento. No gráfico, pode-se notar que o tempo para provocar a mesma variação de temperatura (20 K) no aquecimento da fase líquida é o dobro daquele gasto no aquecimento da fase sólida.

Sendo $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$ e $Q_{\text{líquido}} > Q_{\text{sólido}} \Rightarrow c_{\text{líquido}} > c_{\text{sólido}}$, portanto o calor específico da água é maior que o calor específico do gelo.

b) Permanece constante porque está havendo uma mudança de fase. Enquanto existir gelo e água líquida, a temperatura fica constante.

20. d

(I) Falsa. Existem exceções como a dilatação anômala da água, que se contrai 0 °C a 4 °C e difere da maioria dos materiais quando sofre aquecimento.

(II) Verdadeira. A temperatura do ponto de ebulição de um líquido é diretamente proporcional à pressão, ou seja, quanto maior a pressão, maior a temperatura de ebulição.

(III) Verdadeira. O calor latente de vaporização da água, 540 cal/g, é a energia necessária para vaporizar uma unidade de sua massa.

21. d

A partir do gráfico, pode-se afirmar que a esfera está inicialmente na fase sólida; para cada uma das etapas indicadas no gráfico, têm-se:

A – aquecimento do sólido.

B – fusão do sólido.

C – aquecimento do líquido.

D – vaporização do líquido

22. d

Quantidade de calor na fusão $Q = 4000 - 2000 \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q = 2000 \text{ J}$$

$$L = \frac{Q}{m} \Rightarrow L = \frac{2000}{20} \Rightarrow L = 100 \text{ J/g}$$

23. e

$$\text{Jarra: } Q_1 = C_1 \cdot \Delta\theta_1$$

$$\text{Água: } Q_2 = m_a \cdot c_a \cdot \Delta\theta_a$$

$$\text{Gelo: } Q_3 = m_g \cdot L_f$$

$$\text{Água resultante da fusão do gelo: } Q_4 = m_g \cdot c_a \cdot \Delta\theta$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 60 \cdot (20 - \theta) + 300 \cdot 1 \cdot (20 - \theta) + 36 \cdot 80 +$$

$$+ 36 \cdot 1 \cdot (20 - 0) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1200 - 60 \cdot \theta + 6000 - 300 \cdot \theta + 2880 + 720 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -360 \cdot \theta + 10800 = 0 \Rightarrow \theta = \frac{10800}{360} \Rightarrow \theta = 30 \text{ °C}$$

$$\Delta\theta = (\theta_f - \theta_i) \Rightarrow \Delta\theta = 20 - 30 \Rightarrow \Delta\theta = -10 \text{ °C}$$

24. b

Como ainda resta gelo ao final do processo, a temperatura final será de 0 °C.

Assim, para a massa de gelo derretida, temos:

$$Q_1 = m \cdot L_f \Rightarrow Q_1 = 30 \cdot 80 \Rightarrow Q_1 = 2400 \text{ cal}$$

Já o calor cedido pela água será de:

$$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q_2 = 120 \cdot 1,0 \cdot (0 - T_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_2 = -120 T_1 \text{ cal}$$

Como a soma dos calores trocados é nula, temos:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow 2400 - 120 T_1 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{2400}{120} \Rightarrow T_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

25. b

Massa de água vaporizada:

$$m_v = 20\% \cdot 2 \text{ L} \cdot 1,0 \text{ kg/L} \Rightarrow m_v = 0,4 \text{ kg} = 400 \text{ g}$$

Quantidade de calor para aquecer a água e vaporizar a

$$\text{massa } m_v: Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta + m_v \cdot L_f \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 2000 \cdot 1 \cdot (100 - 20) + 400 \cdot 540 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 376000 \text{ cal}$$

Para um rendimento de 80%, fica:

$$Q = Q_T \cdot 80\% \Rightarrow Q_T = \frac{Q}{0,8} \Rightarrow Q_T = \frac{376000}{0,8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_T = 470000 \text{ cal}$$

$$\text{Em joules: } Q_T = 470000 \cdot 4,2 \Rightarrow Q_T = 1974000 \text{ J}$$

Da definição de potência:

$$P = \frac{Q_T}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q_T}{P} \Rightarrow \Delta t = \frac{1974000}{420} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = 4700 \text{ s} = 1,30 \text{ h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = 1 \text{ h } 18 \text{ min}$$

26. Calor para fundir o gelo: $Q = m \cdot L \Rightarrow Q = 20 \cdot 80 \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q = 1600 \text{ cal}$$

Calor cedido pela água e pelo cobre para resfriar até $0 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta + m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 100 \cdot 1 \cdot (0 - 20) + 10 \cdot 0,094 \cdot (0 - 20)$$

$$\Rightarrow Q = -2000 - 18,8 \Rightarrow Q = -2018,8 \text{ cal}$$

a) Como a quantidade de calor necessária para fundir o gelo é menor que a quantidade de calor que ele recebe, o gelo se funde completamente.

b) Considera-se, então, que o gelo vai se fundir e a água resultante da fusão vai se aquecer até a temperatura de equilíbrio maior que $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\Sigma Q = 0 \Rightarrow Q_{\text{água}} + Q_{\text{cobre}} + Q_{\text{fusão}} + Q_{\text{água-fusão}} = 0$$

$$\Rightarrow 100 \cdot 1 \cdot (T - 20) + 10 \cdot 0,094 \cdot (T - 20) +$$

$$+ 20 \cdot 80 + 20 \cdot 1 \cdot (T - 0) = 0$$

$$\Rightarrow 100 \cdot T - 2000 + 0,94 \cdot T - 18,8 + 1600 + 20 \cdot T = 0$$

$$\Rightarrow 120,94 \cdot T = 418,8 \Rightarrow T = 3,46 \text{ }^\circ\text{C}$$

27. d

a) Falsa. Do gráfico, a fusão acontece a $50 \text{ }^\circ\text{C}$ e essa temperatura independe da massa do material.

b) Falsa. O calor latente de fusão L é dado por:

$$L = \frac{Q}{m} \Rightarrow L = \frac{(200 - 100)}{20} \Rightarrow L = 5 \text{ cal/g}$$

c) Falsa. A $100 \text{ }^\circ\text{C}$ não é possível definir se há mais uma mudança de fase, pois deveria, para tanto, haver uma variação da inclinação da curva.

d) Verdadeira. Vide item b.

e) Falsa. Vide item a.

28. d

I. Errada, pois em pressão de 1 atm, para a água, a temperatura de fusão é $0 \text{ }^\circ\text{C}$, e a de ebulição é de

$100 \text{ }^\circ\text{C}$, valores diferentes dos que indicam os patamares no gráfico.

II. Correta, pois $80 \text{ }^\circ\text{C}$ é a temperatura do segundo patamar.

III. Correta. De acordo com o gráfico, foram utilizadas 200 cal na fusão (primeiro patamar), então:

$$Q = m \cdot L_f \Rightarrow L_f = \frac{200}{10} \Rightarrow L_f = 20 \text{ cal/g}$$

29. b

A relação entre a energia fornecida pelo fogão e as quantidades de calor recebidas é dada por: $E = P \cdot \Delta t = Q_1 + Q_2$. Calculando as quantidades de calor sensível e latente, temos:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta T \Rightarrow Q_1 = 1 \cdot 4,2 \cdot (100 - 25) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_1 = 315 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = m \cdot L \Rightarrow Q_2 = 1 \cdot 2256 \Rightarrow Q_2 = 2256 \text{ kJ}$$

Da relação entre energia e as quantidades de calor, temos:

$$E = P \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{E}{P} \Rightarrow \Delta t = \frac{315 + 2256}{2000} = \frac{2571}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = 1285,5 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \Rightarrow \Delta t = 21,425 \text{ min}$$

30. c

a) Errada. O texto esclarece que tal prática é adotada para se derreter mais rapidamente a neve.

b) Errada. Gelo e neve são água no estado sólido, portanto funciona também com gelo.

c) Correta. O texto explica que o sal dissolvido na água a torna uma mistura que não mais se congela a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, mesmo perdendo calor.

d) Errada. De acordo com o texto, corre-se o risco de provocar o congelamento da bebida, pois a temperatura ficará abaixo de $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

e) Errada. O texto esclarece que a dissolução do sal em água é endotérmica, isto é, absorve calor.

31. $Q_{\text{gelo}} = (m \cdot c \cdot \Delta\theta)_{\text{bloco de gelo}} + (m \cdot L)_{\text{fusão}} + (m \cdot c \cdot \Delta\theta)_{\text{água do gelo}}$

$$\Rightarrow 200 \cdot 0,5 \cdot 10 + 200 \cdot 80 + 200 \cdot 1 \cdot 4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 17800 \text{ cal}$$

Considerando o sistema termicamente isolado, temos:

$$Q_{\text{água}} + Q_{\text{rec}} + Q_{\text{gelo}} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (M \cdot c \cdot \Delta\theta)_{\text{água}} + (C \cdot \Delta\theta)_{\text{rec}} + 17800 = 0$$

$$\Rightarrow M \cdot 1 \cdot (4 - 24) + 200(4 - 24) + 17800 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M = \frac{17800 - 4000}{20} = 690 \text{ g}$$

32. d

a) Errada. O gelo se funde mais rapidamente com a adição de sal.

b) Errada. O texto não relata nada sobre microfissuras na parede do copo.

c) Errada. O vapor, ao se condensar, formaria água líquida e não cristais de gelo.

d) Correta. O gelo que se forma na superfície externa do copo é proveniente do vapor de água presente no ar atmosférico.

33. a

Um fluido arrefecedor deve ser capaz de absorver muito calor e variar pouco sua temperatura, ou seja, alto calor específico para cumprir seu objetivo com maior eficiência

Capítulo 3 – Propagação do calor

Contextualize

A sensação térmica que as pessoas observam está relacionada com a rapidez com que o calor flui de um corpo para outro. Além disso, alguns objetos, conforme sua estrutura, podem funcionar como isolantes térmicos. No caso dos cobertores, quanto maior for a quantidade de fibras entrelaçadas, mais isolante ele será e não permitirá muitas trocas de calor com o ambiente, proporcionando a sensação de aquecimento.

Info + Enem

No contato com a bandeja, o estudante perceberá o fluxo de calor, dele para a bandeja. Nesse caso, o alumínio, retira calor do estudante num fluxo maior comparado ao plástico. É por esse motivo que a sensação térmica será diferente. Sabemos também que a condutividade térmica do alumínio é maior que a do plástico. Assim, a bandeja de alumínio perderá calor mais rapidamente para o gelo, o que fará com que este derreta mais rápido, comparado ao plástico.

Alternativa **a**

Complementares

9. d

$$\text{Figura I: } \phi = k \cdot \frac{A \cdot \Delta\theta}{e}$$

$$\text{Figura II: } \phi' = k \cdot \frac{2 \cdot A \cdot \Delta\theta}{\frac{e}{2}} \Rightarrow \phi' = 4\phi$$

Sendo o fluxo de calor inversamente proporcional ao intervalo de tempo:

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{\phi}$$

$$\Delta t' = \frac{Q}{\phi'} \Rightarrow \Delta t' = \frac{Q}{4 \cdot \phi} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t' = \frac{1}{4} \cdot \Delta t$$

$$\text{Então: } \Delta t' = \frac{2 \text{ min}}{4} = 0,5 \text{ min}$$

10. d

Calculando a quantidade de calor cedida, temos:

$$Q = \frac{k \cdot A \cdot \Delta\theta \Delta T}{e} = \frac{1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 40 \cdot (33 - 23) \cdot 1}{0,2} \Rightarrow$$

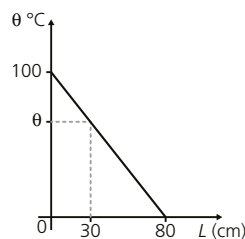
$$\Rightarrow Q = 2,5 \text{ kWh}$$

Assim, o gasto de energia será de:

$$2,5 \cdot 0,60 = \text{R\$ } 1,50$$

11. c

Em regime estacionário, a temperatura decresce uniformemente ao longo da barra. Representado na forma de um gráfico (temperatura \times comprimento), fica:



Pela proporção entre triângulos semelhantes:

$$\frac{100 - \theta}{30 - 0} = \frac{100 - 0}{80 - 0} \Rightarrow 100 - \theta = \frac{3 \cdot 000}{80} \Rightarrow \theta = 100 - 37,5 \Rightarrow \theta = 62,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

12. Considerando o calor "perdido" através das janelas, apenas por condução, temos:

$$A = 5 \cdot 1,5 \text{ m}^2 = 7,5 \text{ m}^2$$

$$e = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta\theta = (20 + 5) = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$k = 0,72 \text{ cal/(h} \cdot \text{m} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$$

$$\Delta t = 12 \text{ h}$$

$$Q = \frac{k \cdot A \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t}{e} = \frac{0,72 \cdot 7,5 \cdot 25 \cdot 12}{3 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 540 \text{ 000 cal} = 5,4 \cdot 10^5 \text{ cal}$$

Calor de combustão do carvão: $C_{\text{comb.}} = 6 \cdot 10^3 \text{ cal/kg}$

$$\text{A massa de carvão será: } m = \frac{Q}{C_{\text{comb.}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{5,4 \cdot 10^5}{6 \cdot 10^3} \Rightarrow m = 90 \text{ kg}$$

21. d

a) Errada. Praticamente toda a radiação solar que chega ao planeta é devolvida, de algum modo, para o espaço.

b) Errada. É inferior: 30% refletida e 50% absorvida pela superfície.

c) Errada. Absorve 20%.

e) Errada. Emitida pela atmosfera: 64%; emitida pela superfície: 6%.

22. b

A energia do Sol que chega até a Terra se dá por meio do fenômeno da irradiação.

23. c

A irradiação depende da temperatura do corpo e da área de exposição. Cruzando os braços e dobrando o corpo sobre as pernas, reduz a área de exposição.

24. e

O fluxo de calor depende da diferença de temperatura, espessura, área e da constante de condutibilidade térmica. Assim, a diferença entre a temperatura externa e a interna é explicada pela baixa condutibilidade térmica do gelo.

Tarefa proposta

1. d

$$\frac{\phi}{A} = \frac{k \cdot \Delta T}{\Delta x} = \frac{6 \cdot (60 - 20)}{(0,25 - 0,15)} = \frac{240}{0,1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{\phi}{A} = 2 \text{ 400 W/m}^2$$

2. c

O fluxo de calor depende da condutividade térmica do material.

3. e

A massa de gelo que se fundiu é 15 g, então:

$$Q = m \cdot L \Rightarrow Q = 15 \cdot 80 = 1\,200 \text{ cal}$$

$$\frac{1\,200 \text{ cal}}{x} = \frac{600 \text{ s}}{1 \text{ s}} \Rightarrow x = \frac{1\,200}{600} = 2 \text{ cal/s}$$

$$4. \phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta\theta}{e} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \phi = \frac{80 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^4 \cdot 37}{1,85} \Rightarrow \phi = 16 \text{ cal/s}$$

60 minutos = 3600 s

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = \phi \cdot \Delta t \Rightarrow Q = 16 \cdot 3\,600 \Rightarrow Q = 57\,600 \text{ cal}$$

5. 02 + 04 + 08 = 14

(01) Falsa. O equilíbrio térmico \Rightarrow soma dos calores trocados é nula.

Assim,

$$\sum (Q_1 + Q_2 + Q_3) = 0$$

Calculando, temos:

$$m_{\text{água}} \cdot c \cdot (T_f - T_i) + m_{\text{gelo}} \cdot L_f + m_{\text{gelo}} \cdot c \cdot (T_f - 0) = 0$$

$$\Rightarrow 100 \cdot 1 \cdot (T_f - 50 \text{ }^\circ\text{C}) + 10 \cdot 80 + 10 \cdot 1 \cdot (T_f - 0) = 0$$

$$\Rightarrow 110 T_f = 4\,200 \Rightarrow T_f = \frac{4\,200}{110} \Rightarrow T_f = 38,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

(02) Verdadeira. Utilizando a equação de conversão entre as escalas envolvidas, temos:

$$\frac{\theta_C - 0}{100 - 0} = \frac{\theta_X - 32}{232 - 32} \Rightarrow \frac{\theta_C}{100} = \frac{\theta_X - 32}{200} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_C = \frac{\theta_X - 32}{2} \Rightarrow \theta_X = 2 \cdot \theta_C + 32$$

Para 25 °C, temos:

$$\theta_X = 2 \cdot \theta_C + 32 \Rightarrow \theta_X = 2 \cdot 25 + 32 = 82$$

(04) Verdadeira.

(08) Verdadeira.

6. 68 °F

$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta\theta}{e} \Rightarrow \frac{8 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot (100 - 0)}{40} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \phi = \frac{80}{40} = 2 \text{ cal/s}$$

Para $e = 32 \text{ cm}$, temos:

$$2 = \frac{8 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot (100 - \theta)}{32} \Rightarrow 64 = 8 \cdot 10^{-1} \cdot (100 - \theta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 8 = 10 - 0,1\theta \Rightarrow 0,1\theta = 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Convertendo para °F:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{20}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 9 \cdot 4 = \theta_F - 32 \Rightarrow \theta_F = 68 \text{ }^\circ\text{F}$$

7. a) $Q_{\text{água}} = Q_{\text{evap}} \Rightarrow m \cdot L = 60 \cdot 2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow m \cdot 2\,400 = 120 \Rightarrow m = \frac{120}{2\,400} = 0,05 \text{ kg}$$

$$V = \frac{m}{d} = \frac{0,05}{1} = 0,05 \text{ l} \Rightarrow V = 50 \text{ ml}$$

b) Na equação de fluxo, temos:

$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta\theta}{e} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e = \frac{k \cdot A \cdot \Delta\theta}{\phi} = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 12}{15} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow e = 2,4 \text{ mm}$$

8. e

O fluxo de calor através da barra é:

$$\phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta\theta}{e} = \frac{0,5 \cdot 80 \cdot (400 - 0)}{20} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \phi = 800 \text{ cal/s}$$

Quantidade de calor para derreter o gelo:

$$Q = m \cdot L_f = 500 \cdot 80 \Rightarrow Q = 40\,000 \text{ cal}$$

Então:

$$Q = \phi \cdot \Delta t \Rightarrow 40\,000 = 800 \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = 50 \text{ s}$$

9. a

Sendo A e $\Delta\theta$ iguais para todos os materiais: $A \cdot \Delta\theta = x$

$$H_{\text{poliuretano}} = \frac{0,02}{5} \cdot A \cdot \Delta\theta \Rightarrow H_{\text{poliuretano}} = 4 \cdot 10^{-3} \cdot x$$

$$H_{\text{madeira}} = \frac{0,12}{6} \cdot A \cdot \Delta\theta \Rightarrow H_{\text{madeira}} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot x$$

$$H_{\text{cortiça}} = \frac{0,04}{4} \cdot A \cdot \Delta\theta \Rightarrow H_{\text{cortiça}} = 1 \cdot 10^{-2} \cdot x$$

$$H_{\text{isopor}} = \frac{0,012}{2,4} \cdot A \cdot \Delta\theta \Rightarrow H_{\text{isopor}} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot x$$

Menor valor do fluxo é do poliuretano.

10. a) A área total será igual a:

$$A = 2 \cdot (2 \cdot 3 + 2 \cdot 4 + 3 \cdot 4) \Rightarrow A = 52 \text{ m}^2$$

b) Calculando a potência, temos:

$$P = \phi = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{e} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 52 \cdot [20 - (-40)]}{26 \cdot 10^{-2}} =$$

$$= 6 \cdot 10^2 \text{ W} \Rightarrow P = 0,6 \text{ kW}$$

c) Encontrando a energia, temos:

$$E = P \cdot \Delta t = 0,6 \cdot 24 \Rightarrow E = 14,4 \text{ kWh}$$

11. b

I. Incorreta. A evaporação é um processo de vaporização que ocorre abaixo da temperatura de ebulição.

II. Correta.

III. Incorreta. Como a água quente, menos densa, está na superfície, não ocorre convecção, pois não haverá movimentação dessa água.

12. d

A energia propaga-se do Sol até a Terra por irradiação. Essa mesma forma de propagação ocorre entre o magnétron do forno micro-ondas e os alimentos.

13. c

A inversão térmica ocorre em razão do aprisionamento de poluentes na atmosfera que impedem as correntes de convecção.

14. a

Do Sol até a carroceria: irradiação.

Através da carroceria: condução.

No interior do veículo: convecção.

- 15. d**
A energia térmica que recebemos do Sol se propaga como ondas eletromagnéticas, por meio da irradiação.
- 16. d**
- Convecção. Nas antigas geladeiras, as prateleiras são grades vazadas para que o ar frio (mais denso), desça, e o ar quente (menos denso) suba, diferentemente das modernas, nas quais um dispositivo injeta ar frio em cada compartimento.
 - Radiação. Não existe movimentação de massa, pois a propagação ocorre por meio de ondas eletromagnéticas, inclusive no vácuo.
 - Condução. Condução e convecção são os processos que movimentam massa.
- 17. c**
A convecção só ocorrerá se a água fria vier do fundo do reservatório e entrar na parte inferior do coletor. Ao ser aquecida, a água sobe e entra pela parte superior do reservatório.
- 18. b**
- Errada. Não existem brisas formadas pela incidência da radiação solar nos vidros.
 - Correta. A afirmação define exatamente o papel do revestimento sobre a fachada.
 - Errada. São inspiradas nas tendas, mas o termo brise-soleil não tem relação com tendas.
 - Errada. Não é meramente artístico, o termo define a função do revestimento.
 - Errada. A palavra não tem relação com aparência de barco à vela.
- 19. Soma = 01 + 04 = 05**
(01) Correta.
(02) Falsa. Quando for 40 °C, será maior que do que 25 °C.
(04) Correta.
(08) Falsa. Trata-se do processo de convecção.
(16) Falsa. O espelhamento evita a propagação de calor por irradiação.
- 20. a**
- Correta. Os espaços vazios facilitam a circulação do ar no interior da geladeira, melhorando a eficiência das trocas de calor por convecção.
 - Incorreta. O gelo acumulado, sendo isolante térmico, prejudica as trocas de calor.
 - Incorreta. As roupas estendidas dificultam as trocas de calor entre o radiador e o ambiente.
 - Incorreta. Toalhas sobre as prateleiras dificultam a convecção no interior da geladeira.
 - Incorreta. Abrir frequentemente ou deixar muito tempo aberta a porta da geladeira faz aumentar o consumo de energia, pois, entrando ar quente do ambiente, ela terá de funcionar por mais tempo para resfriá-lo.
- 21. c**
O isopor possui ar em sua estrutura e por isso é um bom isolante térmico; superfícies espelhadas refletem o calor.

- 22.** $P_t = 500 \cdot 10 = 5000 \text{ W}$
 $P_\mu = 40\% \cdot P_t = 0,4 \cdot 5000 \Rightarrow P_\mu = 2000 \text{ W} = 2 \text{ kW}$
Para transformar uma energia de $\Delta E = 10 \text{ kWh}$:
 $P_\mu = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{10}{2} \Rightarrow \Delta t = 5 \text{ h}$
- 23. d**
- Uso do plástico por ser mau condutor de calor para evitar a condução.
 - Internamente às paredes duplas existe vácuo que evita a transferência de calor por condução e convecção.
 - O espelhamento evita que a energia seja irradiada para fora da garrafa, produzindo reflexão interna.
- 24. d**
 $1 \text{ hm} = 10^2 \text{ m} \Rightarrow 1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$
 $\therefore 8 \text{ hm}^2 = 8 \cdot 10^4 \text{ m}^2$
 $E = P \cdot \Delta t \Rightarrow E = 70\% \cdot 1,3 \text{ kW/m}^2 \cdot 8 \cdot 10^4 \text{ m}^2 \cdot 10 \text{ h} \Rightarrow E = 7,3 \cdot 10^5 \text{ kWh}$
- 25. d**
O gelo tem baixa condutibilidade térmica, é mau condutor de calor, dificultando o fluxo de calor.
- 26. d**
(V)
(F) Sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.
(F) Fusão: mudança de estado físico sofrida por um sólido ao absorver uma certa quantidade de calor.
(V)
(V)
(F) 1 cal, para 1 g, aumentar a temperatura em 1 °C para água.
- 27. d**
- As ondas eletromagnéticas não se propagam apenas no vácuo.
 - A condução é uma forma de transferência de calor, e não um meio/forma de propagação de uma onda.
 - A convecção é uma forma de transferência de calor, e não um meio/forma de propagação de uma onda.
- 28. c**
O material metálico refletivo é usado para diminuir a troca de calor por irradiação, já que reflete as ondas de calor. O material de baixa condutividade térmica diminui a troca de calor por condução.
- 29. a**
- Correta. As folhas de alumínio refletem a radiação, enquanto a camada de fibras de tecido, um isolante térmico, dificulta a condução.
 - Incorreta. A aplicação de mantas térmicas nas construções em países de clima frio tem a finalidade de impedir a perda de calor, quando a temperatura externa é inferior à temperatura interna.
 - Incorreta. A função da folha de alumínio, revestindo a manta de fibras de tecido, é a de diminuir a absorção de calor, refletindo a radiação térmica.
 - Incorreta. O tecido não tem a capacidade de aquecer, apenas funciona como isolante.

e) Incorreta. As mantas térmicas não têm a função de resfriar nem de aquecer, apenas funcionam como isolante térmico.

30. c

Com a face fosca da folha de alumínio voltada para fora, o calor entra mais facilmente e não escapa com tanta facilidade por irradiação, pois a face voltada para dentro é polida.

31. b

a) Incorreta. Nos dois modelos, a água se aquece por causa da radiação solar absorvida. A placa de vidro tem a função de provocar o efeito estufa.

b) Correta. A placa de vidro tem a finalidade de criar o efeito estufa, permitindo entrada de luz visível e impedindo a saída de calor. A falta da placa de vidro sobre os tubos torna o aquecimento menos eficiente.

c) Incorreta. A convecção natural não acontece nesse tipo de aquecedor em que o coletor fica acima do nível da água a ser aquecida. A bomba de água é necessária para fazer circular a água.

d) Incorreta. Forçada pela bomba de água, a água fria sobe, enquanto a água aquecida desce.

e) Incorreta. O uso de placas de vidro sobre as espirais de tubos aumentaria a eficiência e, com isso, a área ocupada poderia ser menor.

Capítulo 4 – Dilatação térmica

Conexões

a) Não seria possível, pois a cada inverno haveria o congelamento total dos lagos.

b) Apenas vida bacteriana e formas mais simples de vida suportam ser resfriadas a temperaturas muito baixas. Sendo assim, a vida se desenvolveria em formas mais complexas apenas entre os trópicos, na faixa da superfície da Terra onde há incidência de luz solar suficiente para manter temperaturas acima de 0 °C.

Complementares

9. d

$$\Delta L_1 + \Delta L_2 = d \Rightarrow L_{01} \cdot \alpha_1 (\theta - 15) + L_{02} \cdot \alpha_2 (\theta - 15) = 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 \cdot 3 \cdot 10^{-5} (\theta - 15) + 1 \cdot 4 \cdot 10^{-5} (\theta - 15) = 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (6 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-5}) \cdot (\theta - 15) = 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10 \cdot 10^{-5} \cdot (\theta - 15) = 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \theta - 15 = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta - 15 = 0,5 \cdot 10^2 \Rightarrow \theta = 50 + 15 = 65 \text{ °C}$$

10. e

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T} =$$

$$= \frac{801 - 800}{800(110 - 100)} = \frac{1}{80000} = 0,125 \cdot 10^{-4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ °C}^{-1}$$

11. a

Para a barra I, temos:

$$L_{01} = 10 \text{ m} = 10^4 \text{ mm}; \Delta L_1 = 3,3 \text{ mm}; \Delta \theta_1 = 30 \text{ °C}$$

$$\Delta L_1 = \alpha \cdot L_{01} \cdot \Delta \theta \Rightarrow 3,3 = \alpha \cdot 10^4 \cdot 30 \Rightarrow \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ °C}^{-1}$$

Para a barra II, temos: $L_{02} = 5 \cdot 10^3 \text{ mm}; \Delta \theta_2 = 10 \text{ °C}$

$$\Delta L_2 = \alpha \cdot L_{02} \cdot \Delta \theta_2 \Rightarrow \Delta L_2 = 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 10 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L_2 = 0,55 \text{ mm}$$

12. e

Enchendo o copo A com água gelada, ele sofre contração, e, mergulhando o copo B em água quente, ele sofre dilatação, criando uma folga entre eles, possibilitando a separação.

21. e

a) Errada. O volume da gasolina também se reduz.

b) Errada. À noite, com a redução da temperatura, o volume de combustível será menor. Portanto, ele terá perda, e não lucro.

$$c) \text{ Errada. } \gamma_{\text{apar.}} = \gamma_{\text{real}} - \gamma_{\text{rec.}} \Rightarrow \gamma_{\text{apar.}} = 9,6 \cdot 10^{-4} - 6,3 \cdot 10^{-5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma_{\text{apar.}} = 8,97 \cdot 10^{-4} \text{ °C}^{-1}$$

$$d) \text{ Errada. } \Delta V = V_0 \cdot \gamma_{\text{rec.}} \cdot \Delta \theta = 100 \cdot 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta V = 0,96 \text{ L}$$

Calculando a dilatação aparente, obtemos 0,897 L.

e) Correta.

$$\Delta V_{\text{ap.}} = V_0 \cdot \gamma_{\text{ap.}} \cdot \Delta \theta = 200 \cdot 8,97 \cdot 10^{-4} \cdot 25 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta V_{\text{ap.}} = 4,48 \text{ L}$$

22. c

A dilatação da água ocorre em todas as direções e, considerando os oceanos como sistemas fechados, a área da base é constante.

Assim, por meio da equação de dilatação de líquidos, temos:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta \Rightarrow \Delta h = \gamma_0 \Delta \theta$$

$$\Rightarrow \Delta h = 4 \times 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \Rightarrow \Delta h = 0,8 \text{ m}$$

23. c

O volume que transborda é igual ao $\Delta V_{\text{apar.}}$.

$$\Delta V_{\text{apar.}} = 0,04 \cdot V_0 \text{ e } \gamma_{\text{apar.}} = \gamma_{\text{real}} - \gamma_{\text{recip.}}$$

$$V_0 \cdot \gamma_{\text{apar.}} \cdot \Delta \theta = 0,04 \cdot V_0 \Rightarrow (\gamma_{\text{real}} - \gamma_{\text{recip.}}) \cdot \Delta \theta = 0,04 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\gamma_{\text{real}} - 27 \cdot 10^{-6}) \cdot (80 - 0) = 0,04 \Rightarrow \gamma_{\text{real}} = \frac{0,04}{80} + 27 \cdot 10^{-6} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma_{\text{real}} = 500 \cdot 10^{-6} - 27 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \gamma_{\text{real}} = 473 \cdot 10^{-6} \text{ °C}^{-1}$$

24. c

Como $\gamma_{\text{real}} = 2 \cdot \gamma_{\text{recip.}}$, temos:

$$\gamma_{\text{recip.}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ °C}^{-1}$$

$$\gamma_{\text{real}} = \gamma_{\text{ap.}} + \gamma_{\text{recip.}} \Rightarrow 2 \cdot \gamma_{\text{recip.}} = \gamma_{\text{ap.}} + \gamma_{\text{recip.}} \Rightarrow \sigma \cdot \gamma_{\text{ap.}} = \gamma_{\text{recip.}} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ °C}^{-1}$$

Assim:

$$\Delta V_{\text{ap.}} = \gamma_{\text{ap.}} \cdot V_0 \cdot \Delta \theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta V_{\text{ap.}} = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 30 \Rightarrow \Delta V_{\text{ap.}} = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ L}$$

Como:

$$1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3 \Rightarrow 3 \cdot 10^{-4} \text{ L} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ cm}^3 \text{ ou } \Delta V_{\text{ap.}} = 0,30 \text{ cm}^3$$

Tarefa proposta

1. e

De acordo com o gráfico, temos:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \Rightarrow (10,2 - 10,0) = 10,0 \cdot \alpha \cdot (500 - 100) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{0,2}{4000} \Rightarrow \alpha = 5 \cdot 10^{-5} \text{ °C}^{-1}$$

2. a) Utilizando a equação para dilatação linear, temos:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{L_0}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{200,1 - 200,0}{200(100 - 0)} = \frac{0,1}{2 \cdot 10^4} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = 5 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Observamos pela tabela que o bastão é de vidro pirex.

b) Assim, temos:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \Rightarrow L - 200 = 200 \cdot 5 \cdot 10^{-6} (210 - 0)$$

$$\Rightarrow L = 0,21 + 200 \Rightarrow L = 200,21 \text{ mm}$$

3. c

$$L_A = L_B = L_{0A} (1 + \alpha_A \cdot \Delta\theta) = L_{0B} (1 + \alpha_B \cdot \Delta\theta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,99 \cdot L_{0B} \cdot (1 + 10^{-4} \cdot \Delta\theta) = L_{0B} (1 + 9,1 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta\theta) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,99 + 9,9 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta\theta = 1 + 9,1 \cdot 10^{-5} \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 9,9 \cdot 10^{-5} \Delta\theta - 9,1 \cdot 10^{-5} \Delta\theta = 1 - 0,99 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,8 \cdot 10^{-5} - \Delta\theta = 0,01 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{0,01}{0,8 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow \Delta\theta = 1250 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{ Sendo } \theta_f = \theta_0 + \Delta\theta \Rightarrow \theta_f = 20 + 1250 = 1270 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4. d

$$L_A = L_B \Rightarrow L_{0A} + \Delta L_A = L_{0B} + \Delta L_B \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L_{0A} + L_{0A} \cdot \alpha_A \cdot \Delta\theta = L_{0B} + L_{0B} \cdot \alpha_B \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 202,0 + 202,0 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot (\theta - 0) =$$

$$\Rightarrow 200,8 + 200,8 \cdot 5 \cdot 10^{-5} \cdot (\theta - 0) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 202,0 + 404,0 \cdot 10^{-5} \theta = 200,8 + 1004,0 \cdot 10^{-5} \theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (1004,0 - 404,0) \cdot 10^{-5} \theta = 202,0 - 200,8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{1,2}{600 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow \theta = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. c

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T \Rightarrow \frac{\Delta L}{L} = \alpha \cdot \Delta T$$

Como o coeficiente de dilatação representa a declividade da reta, temos:

$$\alpha_Y = 2 \cdot \alpha_X, \text{ tg}\theta_Y = 2 \cdot \text{tg}\theta_X$$

Assim, a melhor reta em que se representa o acréscimo é a reta 3.

6. d

$$\Delta L_B = \Delta L_A + 1 \Rightarrow L_{0B} \cdot \alpha_B \cdot \Delta\theta = L_{0A} \cdot \alpha_A \cdot \Delta\theta + 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 200 \cdot 30 \cdot 10^{-6} (\theta - 150) = 200 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot (\theta - 150) + 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 6 \cdot 10^{-3} \theta - 900 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \theta - 300 \cdot 10^{-3} + 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4 \cdot 10^{-3} \cdot \theta = 600 \cdot 10^{-3} + 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = \frac{1,6}{4 \cdot 10^{-3}} = 0,4 \cdot 10^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = 400 \text{ } ^\circ\text{C}$$

7. A lâmina de aço tem comprimento L_{0A} na temperatura de $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$, e a de bronze, L_{0B} . A diferença entre seus comprimentos a $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$ é x .

$$x = L_{0A} - L_{0B}$$

$$L_A = L_{0A} + \Delta L_A \Rightarrow 80 = L_{0A} + L_{0A} \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 80 = L_{0A} + 240 \cdot 10^{-6} \cdot L_{0A} \Rightarrow L_{0A} = \frac{80}{1,00024} = 79,98 \text{ cm}$$

$$L_B = L_{0B} + \Delta L_B \Rightarrow 80 = L_{0B} + L_{0B} \cdot 18 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 80 = L_{0B} + 360 \cdot 10^{-6} \cdot L_{0B} \Rightarrow L_{0B} = \frac{80}{1,00036} = 79,97 \text{ cm}$$

$$\therefore x = 79,98 - 79,97 = 0,01 \text{ cm}$$

8. d

Como o metal tem um coeficiente de dilatação volumétrica maior que o do vidro, então, aquecendo-se o conjunto, a tampa (metal) vai se dilatar mais que a jarra (vidro).

9. e

Como as placas são do mesmo material e sofrem a mesma variação de temperatura, a dilatação depende do comprimento na direção paralela ao eixo X, sendo assim as placas com maior comprimento em X, as placas A e C, terão maior dilatação nesse eixo. E o maior aumento de área depende da maior área inicial, sendo a placa A a que terá maior dilatação superficial.

10. b

Como o coeficiente de dilatação volumétrico é maior que o linear e superficial, teremos maior aumento percentual no volume.

11. d

Como a esfera é maior que o furo, podemos reduzir o tamanho da esfera e/ou aumentar o tamanho do furo. Para tanto, temos de resfriar a esfera e/ou aquecer a chapa, respectivamente. A única opção possível dentro das alternativas apresentadas é da letra **d**.

12. b

$$\Delta\theta = 90 \text{ } ^\circ\text{C} = 90 \text{ K}$$

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta = A_0 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot 90 \text{ H} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot A_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta A = 0,2\% A_0$$

13. d

Calculando as dilatações para cada barra, temos:

$$\Delta L_A = L_{0A} \cdot \alpha_A \cdot \Delta T_A \quad \Delta L_B = L_{0B} \cdot \alpha_B \cdot \Delta T_B$$

Dividindo uma equação pela outra, e utilizando os valores fornecidos, temos:

$$\frac{\Delta L_A}{\Delta L_B} = \frac{L_{0A} \cdot \alpha_A \cdot \Delta T_A}{L_{0B} \cdot \alpha_B \cdot \Delta T_B} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L_A / \Delta L_B = \frac{5 \cdot \cancel{L_{0B}} \cdot \alpha_A \cdot 2 \cdot \cancel{\Delta T_B}}{\cancel{L_{0B}} \cdot 8 \cdot \alpha_A \cdot \cancel{\Delta T_B}} \therefore \frac{\Delta L_A}{\Delta L_B} = 1,25$$

14. e

Para o muro maior, temos:

$$\Delta S_1 = S_{01} \cdot \beta \cdot \Delta\theta_1 \Rightarrow \Delta S_1 = 200 \cdot \beta \cdot 40 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta S_1 = 8000 \cdot \beta \cdot \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para o muro menor, temos:

$$\Delta S_2 = S_{02} \cdot \beta \cdot \Delta\theta_2 \Rightarrow \Delta S_2 = 100 \cdot \beta \cdot 20 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta S_2 = 2000 \cdot \beta \cdot \text{ } ^\circ\text{C}$$

Assim, a razão entre as dilatações é dada por:

$$\frac{\Delta S_1}{\Delta S_2} = \frac{8000 \cdot \beta}{2000 \cdot \beta} \Rightarrow \frac{\Delta S_1}{\Delta S_2} = 4$$

15. Área do círculo a $75 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow A = 400 \text{ cm}^2$

Na temperatura de $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ é A_0 :

$$A = A_0 + \Delta A \Rightarrow A = A_0 + A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 400 = A_0 + 2 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot A_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 400 = A_0 + 0,0025 \cdot A_0 \Rightarrow A_0 = \frac{400}{1,0025} \Rightarrow A_0 = 399 \text{ cm}^2$$

A área da placa a $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ é:

$$A_p = 40 \cdot 50 = 2000 \text{ cm}^2$$

A área restante a $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ é:

$$A_r = A_p - A_0 \Rightarrow A_r = 2000 - 399 \Rightarrow A_r = 1601 \text{ cm}^2$$

16. a

Em dias quentes, a estrutura onde são feitos os furos se dilata, dilatando-se os furos. Ao se colocarem os rebites resfriados, faz-se com que se ajustem mais ainda ao atingirem a mesma temperatura da estrutura.

17. c

Calculando a área do furo pela equação de dilatação superficial, temos:

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T = S_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T$$

$$\Delta S = \frac{\pi}{4} \cdot (5)^2 \cdot 2 \cdot 22 \times 10^{-6} \cdot (125 - 25)$$

$$\Delta S = \frac{\pi}{4} \cdot 25 \cdot 2 \cdot 22 \times 10^{-6} \cdot 100 \text{ } ^\circ\text{C} = 275\pi \times 10^{-4}$$

$$\Delta S = 2,75\pi \times 10^{-2} \text{ cm}^2$$

Para encontrar a área da superfície final, basta somar a área da superfície inicial com a dilatação. Assim,
 $S = S_0 + \Delta S$

$$S = \frac{25\pi}{4} + 2,75\pi \times 10^{-2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = \frac{25,11\pi}{4} \text{ cm}^2$$

Então, o diâmetro final será:

$$D = \sqrt{25,11} \Rightarrow D = 5,011 \text{ cm}$$

18. d

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta$$

$$\beta = 2\alpha$$

$$\Delta A = A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta A = 20^2 \cdot 2(2,00 \cdot 10^{-5}) \cdot (120 - 20)$$

$$\Delta A = 16,0 \cdot 10^{-1} \text{ cm}^2$$

19. b

Encontrando a variação de temperatura correspondente na escala Celsius, temos:

$$\Delta \theta_F = 150 \text{ } ^\circ\text{F} \Rightarrow \Delta \theta_C = 150 \cdot \frac{5}{9} \Rightarrow \Delta \theta_C = 83,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Assim:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta \theta_C \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 83,3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L = 0,002 \text{ km} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L = 2 \text{ m}$$

20. a

Para que nenhum dano seja causado ao dente, o coeficiente de dilatação térmica do material deve ser igual ao do dente.

21. a

Cobre:

$$\bullet \Delta L_1 = L_{01} \cdot \alpha_{\text{cobre}} \cdot \Delta \theta = 10 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L_1 = 17 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\bullet \Delta L_2 = L_{02} \cdot \alpha_{\text{cobre}} \cdot \Delta \theta = 8 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L_2 = 13,6 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

Alumínio:

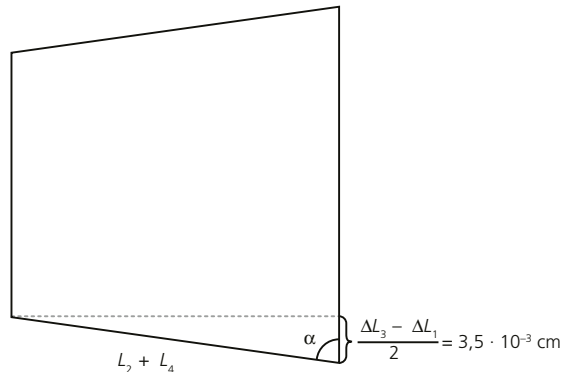
$$\bullet \Delta L_3 = L_{03} \cdot \alpha_{\text{Al}} \cdot \Delta \theta = 10 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L_3 = 24 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\bullet \Delta L_4 = L_{04} \cdot \alpha_{\text{Al}} \cdot \Delta \theta = 5 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L_4 = 12 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

Portanto, na figura B, temos as seguintes medidas:



$$\bullet L_2 + L_4 = 8 + 13,6 \cdot 10^{-3} + 5 + 12 \cdot 10^{-3} = 13,0256 \text{ cm}$$

Portanto:

$$\cos a = \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{12,0256} = 2,687 \cdot 10^{-4} \Rightarrow a = 89,98^\circ$$

22. e

A distância L aumenta, pois, com o aumento de temperatura, a área do círculo delimitado pelo arame aumenta.

23. c

Dilatação do braço $L_0 = 20 \text{ m}$; $\Delta \theta = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$ e $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta = 20 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 200 = 4800 \cdot 10^{-5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L = 0,048 \text{ m}$$

O aumento do torque é proporcional ao aumento do braço.

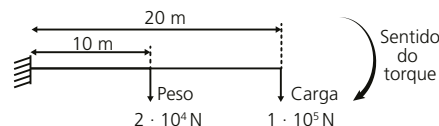
Braço da carga: aumento de 0,048 m.

Braço do peso: aumento de 0,024 m, pois a ação do peso está na metade do braço.

Assim:

$$\Delta \tau = \Delta \tau_{\text{carga}} + \Delta \tau_{\text{peso}} = 1 \cdot 10^5 \cdot 0,048 + 2 \cdot 10^4 \cdot 0,024$$

$$\Delta \tau = 4800 + 480 \Rightarrow \Delta \tau = 5280 \text{ N} \cdot \text{m}$$



24. c

Pela observação do desenho, vemos que a barra 1 dilatou mais que a barra 2.

Além disso, houve aumento de temperatura e L_0 e ΔT são iguais para as duas barras. Portanto, $\alpha_1 \cdot \alpha_2$.

25. d

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta \theta = V_0 (3\alpha) \Delta \theta =$$

$$= 1000 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} (220 - 20) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta V = 7,2 \text{ cm}^3$$

26. a

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta \theta \Rightarrow 0,1 \cdot V_0 = V_0 \cdot \gamma \cdot (92 - 22) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{0,1}{70} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{1}{700} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

27. Soma = 01 + 02 + 04 + 16 = 23

(08) Incorreta: A dilatação térmica é diretamente proporcional ao coeficiente de dilatação térmica do material.

28. e

As equações que representam as dilatações volumétricas do vidro e do mercúrio são:

$$\Delta V_{\text{vidro}} = V_{0,\text{vidro}} \cdot \alpha_{\text{vidro}} \cdot \Delta T \quad (1)$$

$$\Delta V_{\text{Hg}} = V_{0,\text{Hg}} \cdot \alpha_{\text{Hg}} \cdot \Delta T \quad (2)$$

As dilatações volumétricas tanto do vidro como do mercúrio devem ser iguais para permanecer o volume de vazios constantes, portanto:

$$\Delta V_{\text{vidro}} = \Delta V_{\text{Hg}} \quad (3)$$

Igualando as duas equações e simplificando as variações de temperatura:

$$V_{0,\text{vidro}} \cdot \alpha_{\text{vidro}} \cdot \Delta T = V_{0,\text{Hg}} \cdot \alpha_{\text{Hg}} \cdot \Delta T \quad (4)$$

Fazendo a razão entre os volumes iniciais e substituindo os coeficientes de dilatação volumétrica para cada material, temos:

$$\frac{V_{0,\text{vidro}}}{V_{0,\text{Hg}}} = \frac{\alpha_{\text{Hg}}}{\alpha_{\text{vidro}}} \quad (5)$$

$$\frac{V_{0,\text{vidro}}}{V_{0,\text{Hg}}} = \frac{1,8 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}}{1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}} \Rightarrow \frac{V_{0,\text{vidro}}}{V_{0,\text{Hg}}} = 15$$

29. c

De 0 °C a 4 °C, o volume ocupado pela água diminui.

Com os dados da figura, temos:

$$V_0 = 1,00015 \text{ cm}^3/\text{g} \text{ e } \Delta V = (1,00015 - 1,00002) \text{ cm}^3/\text{g}$$

Portanto:

$$\left(\frac{\Delta V}{V_0} \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,00013}{1,00015} \right) \cdot 100\% = 0,013\%$$

$$30. \Delta V_{\text{liq.}} = V_{0,\text{liq.}} \cdot \gamma_{\text{liq.}} \cdot \Delta \theta \Rightarrow \Delta V_{\text{liq.}} = 800 \cdot 90 \cdot 10^{-5} \cdot 60 = 43,2 \text{ mL}$$

Volume do frasco a 80 °C:

$$V = 800 + 43,2 = 843,2 \text{ mL}$$

Para a dilatação do frasco:

$$V = V_0 + V_0 \gamma_V \cdot \Delta \theta \Rightarrow 843,2 = V_0 + 25 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 843,2 = V_0 + 0,0015 \cdot V_0 \Rightarrow V_0 = \frac{843,2}{1,0015} = 841,94 \text{ cm}^3$$

$$31. \Delta V_F = V_{0F} \cdot 3\alpha \cdot \Delta \theta \Rightarrow \Delta V_F = 500 \cdot 3 \cdot 53,3 \cdot 10^{-7} \cdot (70 - 20) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta V_F = 3997500 \cdot 10^{-7} \Rightarrow \Delta V_F \cong 0,4 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V_L = V_{0L} \cdot \gamma \cdot \Delta \theta \Rightarrow \Delta V_L = 490 \cdot 12 \cdot 10^{-4} \cdot (70 - 20) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta V_L = 294000 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \Delta V_L = 29,4 \text{ cm}^3$$

$$V_F = 500 + 0,4 = 500,4 \text{ cm}^3$$

$$V_L = 490 + 29,4 = 519,4 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume extravasado: } 519,4 - 500,4 = 19 \text{ cm}^3$$

32. c

Variação do volume do frasco de 20 °C para 100 °C.

$$\Delta V_V = 750 \cdot 3 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 80 = 1,6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume real do frasco a } 100 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ é: } V_V = 750 + 1,6 = 751,6 \text{ cm}^3$$

Para qualquer volume lido na escala da graduação do frasco, o volume real será maior e na mesma proporção de 751,6 para 750. Assim:

Leitura feita correta a		Leitura corrigida a
20 °C		100 °C
750,0	—————	751,6
745,5	—————	x

$$x = \frac{745,5 \cdot 751,6}{750} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 747,1 \text{ cm}^3$$