

# FÍSICA

## TERMOLÓGIA

### ■ CAPÍTULO 1

### TERMOMETRIA

#### Conexões

Professor, esta é uma oportunidade de se trabalhar a interdisciplinaridade, podendo-se recorrer aos conhecimentos de um professor de arte, para a execução da tarefa proposta em conjunto. A seleção de imagens deve destacar a comparação do que é considerado quente ou frio, para a pintura e para a física. Assim, uma pintura retratando uma fogueira, por exemplo, traz cores quentes e se trata de algo com temperatura alta, o fogo. Todavia, é possível aparecer uma imagem da chama de um fogão a gás, que é branco-azulada, caracterizada como cor fria, sendo a temperatura da chama, nesse caso, muito alta. Outra possibilidade de discussão é colocar, lado a lado, uma foto de uma estrela azul (de altíssima temperatura) e outra de uma geleira na Antártida, com seus tons azulados.

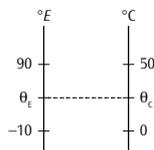
#### Complementares

9. a

Se  $\theta_F = \theta_C + 44$ , substituindo na relação  $\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}$ , temos:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_C + 44 - 32}{9} \Rightarrow \frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_C + 12}{9} \Rightarrow 9\theta_C = 5(\theta_C + 12) \Rightarrow 9\theta_C = 5\theta_C + 60 \Rightarrow 4\theta_C = 60 \Rightarrow \theta_C = 15^\circ\text{C}$$

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

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

11. Soma = 2 (02)

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

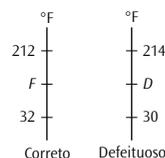
(02) (V) A temperatura kelvin, ou absoluta, é a medida do grau de agitação térmica. E tem valor nulo quando é cessada a agitação térmica.

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

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

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

12. d



Pela proporção dos segmentos:

$$\frac{F - 32}{212 - 32} = \frac{D - 30}{214 - 30} \Rightarrow \frac{F - 32}{180} = \frac{D - 30}{184}$$

Se  $F = D = x$

$$(x - 32) \cdot 184 = (x - 30) \cdot 180 \Rightarrow 184x - 5.888 = 180x - 5.400 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 184x - 180x = 5.888 - 5.400 \Rightarrow 4x = 488 \Rightarrow x = 122^\circ\text{F}$$

Em  $^\circ\text{C}$  vale:  $\theta_C = 5 \cdot (\theta_F - 32) : 9 \Rightarrow \theta_C = 5(122 - 32) : 9 \Rightarrow$

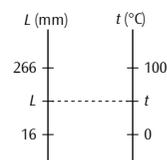
$$\Rightarrow \theta_C = \frac{5 \cdot 90}{9} = 50^\circ\text{C}$$

21. c

Sabe-se que  $\Delta\theta_F = 1,8 \cdot \Delta\theta_C$ , então:  $\Delta\theta_F = 1,8 \cdot 80 \Rightarrow \Delta\theta_F = 144^\circ\text{F}$

22. d

Estabelecendo-se a proporção:



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

23. b

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

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

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

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

24. d

250 mm ——— 100  $^\circ\text{C}$

x mm ——— 1  $^\circ\text{C}$

Então:

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

#### Tarefa proposta

1. a

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

2. c

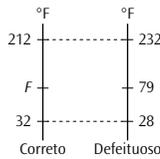
$$\theta_C = 5(\theta_F - 32) : 9 \Rightarrow \theta_C = 5(68 - 32) : 9 \Rightarrow \theta_C = \frac{5 \cdot 36}{9} \Rightarrow \theta_C = 20^\circ\text{C}$$

3. e

Para  $F = 2C$ , ou  $C = \frac{F}{2}$ , na expressão  $F = 1,8C + 32$ , temos:

$$F = 1,8 \cdot \frac{F}{2} + 32 \Rightarrow F = 0,9F + 32 \Rightarrow 0,1F = 32 \Rightarrow F = 320^\circ\text{F}$$

4. 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:

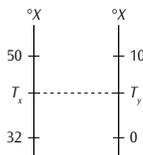
$$C = \frac{5(F - 32)}{9} \Rightarrow C = \frac{5(77 - 32)}{9} \Rightarrow C = \frac{225}{9} \Rightarrow C = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

5. a

De  $^\circ\text{C}$  para K:

$$T = \theta_C + 273 \Rightarrow T = 20.000.000 + 273 \Rightarrow T = 20.000.273 \text{ K}$$

6. e



Fazendo a proporção:

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

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

7. d

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

$$\text{Sendo } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow 9C = 5(C + 92 - 32) \Rightarrow 9C = 5C + 300 \Rightarrow$$

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

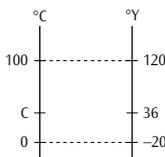
8. d

Fazendo a proporção a partir da figura:

$$\frac{x - 273}{373 - 273} = \frac{0 - (-90)}{210 - (-90)} \Rightarrow \frac{x - 273}{100} = \frac{90}{300} \Rightarrow x - 273 = 30 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 303 \text{ K}$$

9. a

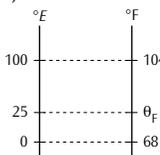


$$\frac{C}{100} = \frac{36 + 20}{120 + 20} \Rightarrow \frac{C}{100} = \frac{56}{140} \Rightarrow C = \frac{560}{14} \Rightarrow C = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

10. b

$$\text{Transformando } 20 \text{ }^\circ\text{C em } ^\circ\text{F: } \frac{20}{5} = \frac{F - 32}{9} \Rightarrow F - 32 = 36 \Rightarrow F = 68 \text{ }^\circ\text{F}$$

Estabelecendo a relação entre as escalas E e F:



$$\frac{\theta_F - 68}{104 - 68} = \frac{25}{100} \Rightarrow \frac{\theta_F - 68}{36} = \frac{1}{4} \Rightarrow \theta_F - 68 = 9 \Rightarrow \theta_F = 77 \text{ }^\circ\text{F}$$

11. b

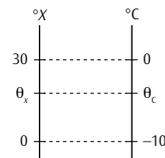
$$\theta_C = T - 273 \Rightarrow \theta_C = 78 - 273 \Rightarrow \theta_C = -195 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{T - 273}{5} \Rightarrow \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{78 - 273}{5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_F - 32 = \frac{9}{5} (-195) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_F = -351 + 32 \Rightarrow \theta_F = -319 \text{ }^\circ\text{F}$$

12. 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):

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

13. c

$$\frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \frac{\theta_c}{5} = \frac{451 - 32}{9} \Rightarrow \theta_c = \frac{5 \cdot 419}{9} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_c = 232,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

14. e

A agitação térmica e a temperatura são diretamente proporcionais, isto é, maior agitação térmica, maior temperatura.

15. b

$$\theta_F = 5\theta_C, \text{ na relação } \frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9}, \text{ fica:}$$

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{5\theta_C - 32}{9} \Rightarrow 9\theta_C = 25\theta_C - 160 \Rightarrow 16\theta_C = 160 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_C = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

16. b

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

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

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

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

17. b

Considerando a relação:

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

temos:

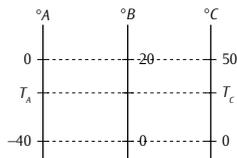
$$\frac{-271,25}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \Rightarrow \theta_F - 32 = 9 \cdot (-54,25) \Rightarrow \theta_F = -488,25 + 32 \Rightarrow$$

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

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

18. e

Montando a relação entre as três escalas de proporção entre os segmentos:

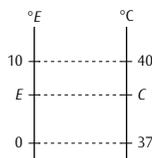


$$\frac{T_C - 0}{50 - 0} = \frac{T_A - (-40)}{0 - (-40)} \Rightarrow \frac{T_C}{50} = \frac{T_A + 40}{40}$$

Para  $T_A = 20^\circ\text{A}$

$$\frac{T_C}{50} = \frac{20 + 40}{40} \Rightarrow T_C = \frac{5 \cdot 60}{4} \Rightarrow T_C = 75^\circ\text{C}$$

19. a



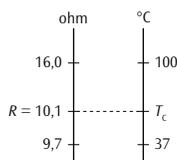
Relação entre a escala E, do estudante, e a escala Celsius.

$$\frac{E - 0}{10 - 0} = \frac{C - 37}{40 - 37} \Rightarrow \frac{E}{10} = \frac{C - 37}{3}, \text{ para } E = C = x, \text{ fica:}$$

$$\frac{x}{10} = \frac{x - 37}{3} \Rightarrow 3x = 10x - 370 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 7x = 370 \Rightarrow x \approx 52,9^\circ\text{C}$$

20. a



Estabelecendo a proporção, temos:

$$\frac{T_C - 37}{100 - 37} = \frac{R - 9,7}{16 - 9,7} \Rightarrow \frac{T_C - 37}{63} = \frac{R - 9,7}{6,3} \Rightarrow \frac{T_C - 37}{10} = R - 9,7 \Rightarrow$$

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

Para  $R = 10,1$ , fica:

$$T_C = 10,0 \cdot (10,1 - 6) \Rightarrow T_C = 41^\circ\text{C}$$

21. e

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

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

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

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

Sabendo que a relação entre as variações de temperatura nas

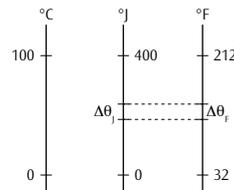
escalas Celsius e Fahrenheit é  $\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F}{9}$ , para  $\Delta\theta_F = 3,6^\circ\text{F}$ :

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

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

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

22. d



$$\frac{\theta_J}{400} = \frac{\theta_F}{180} \Rightarrow \frac{180 \theta_J}{400} = \Delta\theta_F$$

$$\Delta\theta_F = 0,45 \Delta\theta_J$$

23. b

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

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

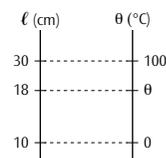
24. c

Temos:

$$\frac{\theta_F}{9} = \frac{T}{5}, \text{ para } \Delta T = 600 - 300 \Rightarrow \Delta T = 300 \text{ K, fica:}$$

$$\frac{\theta_F}{9} = \frac{300}{5} \Rightarrow \Delta\theta_F = 9 \cdot 60 \Rightarrow \Delta\theta_F = 540^\circ\text{F}$$

25. c



Estabelecendo a proporção entre os segmentos:

$$\frac{\theta}{100} = \frac{18 - 10}{30 - 10} \Rightarrow \frac{\theta}{100} = \frac{8}{20} \Rightarrow \theta = \frac{800}{20} \Rightarrow \theta = 40^\circ\text{C}$$

26. b

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

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

27. d

Na expressão:  $h = 1,28 + 10$ , quando  $\theta = 0$ ,  $h = 10 \text{ mm}$

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

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

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

28. d

$$\frac{\theta_F}{9} = \frac{\theta_C}{5} \Rightarrow \Delta\theta_F = \frac{9}{5} \cdot 60 \Rightarrow \Delta\theta_F = 108^\circ\text{F}$$

29. e

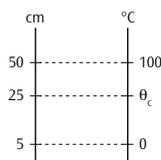
Temos:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F}{9} = \frac{T}{5}, \text{ então:}$$

$$\Delta T = \Delta\theta_C \Rightarrow \Delta T = 35 \text{ K, e}$$

$$\Delta\theta_F = \frac{9}{5} \cdot \Delta\theta_C \Rightarrow \Delta\theta_F = 1,8 \cdot 35 \Rightarrow \Delta\theta_F = 63^\circ\text{F}$$

30. b



Estabelecendo a proporção, temos:

$$\frac{\theta_c}{100} = \frac{25 - 5}{50 - 5} \Rightarrow \frac{\theta_c}{100} = \frac{20}{45} \Rightarrow \theta_c = \frac{2.000}{45} \Rightarrow \theta_c = 44,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

31. c

Relação entre o comprimento e a escala Celsius:

$$\frac{\theta_c}{100} = \frac{15 - 0}{25 - 0} \Rightarrow \theta_c = \frac{1.500}{25} \Rightarrow \theta_c = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

Relação entre o comprimento e a escala Fahrenheit:

$$\frac{\theta_f - 32}{180} = \frac{15 - 0}{30 - 0} \Rightarrow \theta_f - 32 = \frac{180}{2} \Rightarrow \theta_f = 90 + 32 \Rightarrow \theta_f = 122 \text{ }^\circ\text{F}$$

32. a

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

1. 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. Veja em: <http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/fundamentos/geada-meteorologia-488023.shtml>. Por causa da baixa temperatura, o vapor-d'água existente na 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-d'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-d'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-d-agua-leva-das-correntes-ar-534365.shtml>
- <http://riosvoadores.com.br/>

### Complementares

9. c

Da definição de potência, temos:

$$Q = P \cdot \Delta t; \text{ em 1 dia: } 24 \text{ h} = 8,64 \cdot 10^4 \text{ s}$$

$$Q = P \cdot \Delta t \Rightarrow Q = 120 \cdot 8,64 \cdot 10^4 \Rightarrow Q = 1,0368 \cdot 10^7 \text{ J} \Rightarrow Q = 1,0368 \cdot 10^4 \text{ kcal}$$

Sendo 1 kcal  $\approx$  4 kJ, então:

$$Q = \frac{1,0368 \cdot 10^4}{4} \Rightarrow Q = 0,2592 \cdot 10^4 \Rightarrow Q \approx 2,6 \cdot 10^3 \text{ kcal}$$

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:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 \cdot c \cdot \Delta\theta_1 + m_2 \cdot c \cdot \Delta\theta_2 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 \cdot (\theta - 20) + m_2 \cdot (\theta - 50) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 500\theta - 10.000 + 200\theta - 10.000 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 700\theta = 20.000 \Rightarrow \theta = 28,57 \text{ }^\circ\text{C}$$

11. 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:  $\theta = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_A + Q_B + Q_C = 0 \Rightarrow m_A \cdot c_A \cdot \Delta\theta_A + m_B \cdot c_B \cdot \Delta\theta_B + C \cdot \Delta\theta_C = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 200 \cdot 1(30 - 25) + 100 \cdot 0,2(30 - 95) + C(30 - 25) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1.000 + (-1.300) + 5C = 0 \Rightarrow \frac{300}{5} \Rightarrow C = 60 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

12. c

Capacidade térmica do líquido:  $C_L = ?$

Capacidade térmica do alumínio:

$$C_M = m \cdot c \Rightarrow C_M = 600 \cdot 0,2 \Rightarrow C_M = 120 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

Do gráfico, a capacidade térmica do conjunto (recipiente + líquido) é:

$$C = \frac{Q}{T} \Rightarrow C = \frac{10.000}{(60 - 10)} \Rightarrow C = 200 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

$$\text{E, sendo: } C = C_M + C_L \Rightarrow 200 = 120 + C_L \Rightarrow C_L = 80 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

21. d

Quantidade de calor absorvida:

$$Q = m \cdot L \Rightarrow Q = 180 \cdot 80 \Rightarrow Q = 14.400 \text{ cal}$$

Da definição de potência, temos:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow P = \frac{14.400}{25} \Rightarrow P = 576 \text{ cal/min}$$

22. c

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

23. b

A quantidade de calor na fusão é:

$$Q = 500 - 200 \Rightarrow Q = 300 \text{ cal}$$

Então:

$$L = \frac{Q}{m} \Rightarrow L = \frac{300}{5} \Rightarrow L = 60 \text{ cal/g}$$

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. d

Quantidade de calor absorvida:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 200 \cdot 1 \cdot (90 - 22) \Rightarrow Q = 13.600 \text{ cal}$$

A potência é:

$$P = \frac{Q}{t} \Rightarrow P = \frac{13.600}{40} \Rightarrow P = 340 \text{ cal/s}$$

3. e

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

$$\begin{aligned} Q_{\text{água}} + Q_{\text{sólido}} = 0 &\Rightarrow m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta_{\text{água}} + m_{\text{sólido}} \cdot c_{\text{sólido}} \cdot \Delta\theta_{\text{sólido}} = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 400 \cdot 1 \cdot (30 - 25) + 100 \cdot c \cdot (30 - 100) = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 400 \cdot 5 + 100 \cdot c \cdot (-70) = 0 \Rightarrow 7.000 \cdot c = 2.000 \Rightarrow \\ &\Rightarrow c \approx 0,285 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

4. a

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

$$E_p = 2m \cdot g \cdot h \Rightarrow E_p = 4 \cdot 10 \cdot 10 \Rightarrow E_p = 400 \text{ J} \Rightarrow E_p = \frac{400}{4} \text{ cal} \Rightarrow$$

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

Então:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 100 = 200 \cdot 1 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 0,50^\circ\text{C}$$

5. b

$$\frac{8.400}{4,2} = 2.000 \text{ kcal} \Rightarrow 8.400 \text{ kJ} = 2,0 \cdot 10^3 \text{ kcal} \Rightarrow \\ \Rightarrow 8.400 \text{ kJ} = 2,0 \cdot 10^6 \text{ cal}$$

6. e

Asagulhas 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

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

Dividindo a expressão por  $C_{\text{ferro}}$ :

$$5 \cdot (\theta - 20) + \theta - 50 = 0 \Rightarrow 5\theta - 100 + \theta - 50 = 0 \Rightarrow 6\theta = 150 \Rightarrow \\ \Rightarrow \theta = 25^\circ\text{C}$$

8. a

Quantidade de calor dissipada pela água:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 600 \cdot 1 \cdot (42 - 90) \Rightarrow Q = 600 \cdot (-48) \Rightarrow \\ \Rightarrow Q = -28.800 \text{ cal}$$

$$\Delta t = 4 \text{ h} \Rightarrow \Delta t = 4 \cdot 3.600 \text{ s} \Rightarrow \Delta t = 14.400 \text{ s}$$

$$\text{A razão } \frac{Q}{t} \text{ é: } \frac{28.800 \text{ cal}}{14.400 \text{ s}} = 2,0 \text{ cal/s}$$

9. a

Calorímetro:  $m_1 = 200 \text{ g}$ ;  $c_1 = 0,22 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $\theta_{01} = 96^\circ\text{C}$ ;  $\theta = 90^\circ\text{C}$ Água:  $m_2 = 120 \text{ g}$ ;  $c_2 = 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $\theta_{02} = 96^\circ\text{C}$ ;  $\theta = 90^\circ\text{C}$ Alumínio:  $m = ?$ ;  $c_1 = 0,22 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $\theta_{03} = 10^\circ\text{C}$ ;  $\theta = 90^\circ\text{C}$ 

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 &\Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta\theta_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot \Delta\theta_2 + m \cdot c_1 \cdot \Delta\theta_3 = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 200 \cdot 0,22 \cdot (90 - 96) + 120 \cdot 1 \cdot (90 - 96) + m \cdot 0,22 \cdot (90 - 10) = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 44 \cdot (-6) + 120 \cdot (-6) + m \cdot 0,22 \cdot 80 = 0 \Rightarrow 17,6 \cdot m = 984 \Rightarrow \\ &\Rightarrow m \approx 56 \text{ g} \end{aligned}$$

10. a

Potência irradiada:  $1.000 \text{ W/m}^2 \cdot 10 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ W} \Rightarrow 10^4 \text{ W}$ Potência absorvida na forma de calor:  $P = 50\% 10^4 \Rightarrow P = 5 \cdot 10^3 \text{ W}$ 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:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 1,8 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot (40 - 15) \Rightarrow Q = 1,8 \cdot 25 \cdot 10^5 \Rightarrow \\ \Rightarrow Q = 4,5 \cdot 10^6 \text{ cal} \Rightarrow Q = 4,5 \cdot 10^6 \cdot 4 \text{ J} \Rightarrow Q = 18 \cdot 10^6 \text{ J}$$

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

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

11. c

No gráfico, temos:

Bloco (I) resfria de  $180^\circ\text{C}$  para  $80^\circ\text{C}$ , perdendo  $5 \text{ kJ}$  de calor.Líquido (II) aquece de  $0^\circ\text{C}$  a  $60^\circ\text{C}$ , ganhando  $9 \text{ kJ}$  de calor.

$$C_I = \frac{Q}{\theta} \Rightarrow C_I = \frac{-5.000}{-100} \Rightarrow C_I = 50 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

$$C_{II} = \frac{Q}{\theta} \Rightarrow C_{II} = \frac{9.000}{60} \Rightarrow C_{II} = 150 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

$$Q_1 + Q_{II} = 0 \Rightarrow C_1 \cdot \Delta\theta + C_{II} \cdot \Delta\theta = 0 \Rightarrow$$

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

$$\Rightarrow 50\theta - 5.000 + 150\theta - 3.000 = 0 \Rightarrow 200\theta = 8.000 \Rightarrow \theta = 40^\circ\text{C}$$

12. a

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

Sendo  $Q_1$  do líquido,  $Q_2$  da substância,  $Q_3$  do calorímetro.

$$200 \cdot 0,2 \cdot (\theta - 60) + 100 \cdot 0,1 \cdot (\theta - 30) + 10 \cdot (\theta - 60) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 40\theta - 2.400 + 10\theta - 300 + 10\theta - 600 = 0 \Rightarrow 60\theta = 3.300 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta = 55^\circ\text{C}$$

13. c

Para aquecer a água de  $8^\circ\text{C}$ , 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  $30^\circ\text{C}$ , 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:

$$Q_{\text{dissipada}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{água}} \Rightarrow Q_{\text{dissipada}} = 3,6 - 3,2 \Rightarrow Q_{\text{dissipada}} = 0,4 \text{ kJ}$$

Para a areia:

$$Q_{\text{dissipada}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{areia}} \Rightarrow Q_{\text{dissipada}} = 3,6 - 2,4 \Rightarrow Q_{\text{dissipada}} = 1,2 \text{ kJ}$$

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  $11^\circ\text{C}$  ( $57^\circ\text{C} - 46^\circ\text{C} = 11^\circ\text{C}$ ).

c) O volume do asfalto em  $10.000 \text{ m}^2$  de área por  $0,1 \text{ m}$  de espessura é  $V = 10.000 \cdot 0,1 \Rightarrow V = 1.000 \text{ m}^3$ .

A massa de asfalto é:

$$m = V \cdot d \Rightarrow m = 1.000 \cdot 2.300 \Rightarrow m = 2,3 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

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

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

Então, a quantidade de calor empregada é de:

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

15. Soma = 6 (02 + 04)

(01) (F) O calor flui espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor: de A para B.

(02) (V) O sistema tende ao equilíbrio térmico.

(04) (V) A temperatura de A é maior que a de B.

(08) (F) O sentido do fluxo de calor não depende das massas.

(16) (F) O calor flui espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor.

16. c

$$\text{Calorímetro: } Q_1 = C \cdot \Delta\theta_c$$

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

$$\text{Alumínio: } Q_3 = m_{Al} \cdot c_{Al} \cdot \Delta\theta_{Al}$$

$$100 \cdot (t - \theta) + 500 \cdot 1 \cdot (t - \theta) + 400 \cdot 0,25 \cdot [t - (\theta + 35)] = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 100t - 100\theta + 500t - 500\theta + 100t - 100\theta + 100 \cdot (-35) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 700 \cdot t - 700 \cdot \theta - 3.500 = 0 \Rightarrow 700 \cdot t = 700 \cdot \theta + 3.500 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t = \theta + 5$$

17. e

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

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  $0^\circ\text{C}$  e  $40^\circ\text{C}$  o corpo se aquece, e a  $40^\circ\text{C}$  se inicia uma mudança de fase.

d) Há uma mudança de fase na temperatura de  $40^\circ\text{C}$ .

18. a

Quantidade de calor sensível para elevar a temperatura da água de  $20^\circ\text{C}$  para  $100^\circ\text{C}$ :

$$Q = m \cdot 1 \cdot 80 \Rightarrow Q_s = 80m$$

Calor latente para vaporizar a água:

$$Q = m \cdot 540 \Rightarrow Q_L = 540m$$

Estabelecendo a proporção entre quantidade de calor e intervalo de tempo de fornecimento de calor:

$$\frac{Q_s}{10} = \frac{Q_L}{t} \Rightarrow \frac{80m}{10} = \frac{540m}{t} \Rightarrow \Delta t \cdot 80m = 10 \cdot 540m \Rightarrow \Delta t = \frac{5.400}{80} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = 67,5 \text{ min}$$

19. d

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

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

20. d

Calor específico da substância:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \theta} \Rightarrow c = \frac{8}{100} \Rightarrow c = 0,08 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

Calor latente de fusão da substância:  $L = 6,5 \text{ cal/g}$

Quantidade de calor para aquecer 200 g da substância de  $280^\circ\text{C}$  para  $430^\circ\text{C}$ :

$$Q_1 = 200 \cdot 0,08 \cdot (430 - 280) \Rightarrow Q_1 = 16 \cdot 150 \Rightarrow Q_1 = 2.400 \text{ cal}$$

Quantidade de calor para fundir a substância:

$$Q_2 = 200 \cdot 6,5 \Rightarrow Q_2 = 1.300 \text{ cal}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q = 2.400 + 1.300 \Rightarrow Q = 3.700 \text{ cal}$$

21. a) Sendo constante a taxa de transferência de calor, a quantidade de calor é proporcional ao tempo de aquecimento. No gráfico, nota-se que o tempo para provocar a mesma variação de temperatura ( $20 \text{ K}$ ) 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.

22. Soma = 24 (08 + 16)

$$(01) (F) c = \frac{Q}{m \cdot T} \Rightarrow c = \frac{14.000}{200 \cdot 350} \Rightarrow c = 0,2 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

(02) (F) Não é possível determinar com as informações do gráfico.

(04) (F) A capacidade térmica não é propriedade do material, e sim do corpo em questão. No estado sólido, o corpo tem capacidade térmica de:

$$C = m \cdot c \Rightarrow C = 200 \cdot 0,2 \Rightarrow C = 40 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

$$(08) (V) c = \frac{Q}{m \cdot T} \Rightarrow c = \frac{5.000}{200 \cdot 50} \Rightarrow c = 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$(16) (V) L = \frac{Q}{m} \Rightarrow L = \frac{160.000}{200} \Rightarrow L = 800 \text{ cal/g}$$

23. d

Quantidade de calor na fusão  $Q = 4.000 - 2.000 \Rightarrow Q = 2.000 \text{ J}$

$$L = \frac{Q}{m} \Rightarrow L = \frac{2.000}{20} \Rightarrow L = 100 \text{ J/g}$$

24. e

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow 60 \cdot (20 - \theta) + 300 \cdot 1 \cdot (20 - \theta) + 36 \cdot 80 + 36 \cdot 1 \cdot (20 - \theta) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1.200 - 60 \cdot \theta + 6.000 - 300 \cdot \theta + 2.880 + 720 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -360 \cdot \theta + 10.800 = 0 \Rightarrow \theta = \frac{10.800}{360} \Rightarrow \theta = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

25. b

A quantidade de calor na fusão é:

$$Q = 1.000 \text{ cal/min} \cdot 6 \text{ min} \Rightarrow Q = 6.000 \text{ cal}$$

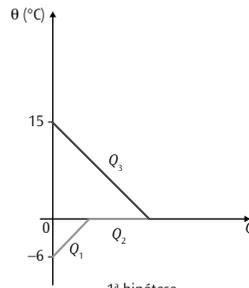
$$L = \frac{Q}{m} \Rightarrow L = \frac{6.000}{200} \Rightarrow L = 30 \text{ cal/g}$$

26. b

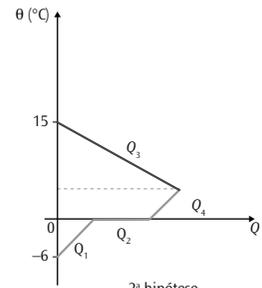
Como não se sabe a temperatura de equilíbrio, a solução desta questão requer a formulação de hipóteses:

Primeira: O calor cedido pela massa de água será suficiente para elevar a temperatura do gelo até  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  e fundi-lo completamente, ou não?

Segunda: Se a quantidade de calor cedida pela água for maior que a necessária para elevar a temperatura do gelo a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  e fundi-lo completamente, a temperatura final será maior que  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Testando as hipóteses por meio da construção de diagramas, pode-se fazer um cálculo preliminar para se encontrar a solução.



1ª hipótese



2ª hipótese

$Q_1$  = quantidade de calor recebida pelo gelo (estado sólido).

$Q_2$  = quantidade de calor recebida pelo gelo durante a fusão.

$Q_3$  = quantidade de calor cedida pela água.

$Q_4$  = quantidade de calor para elevar a temperatura da água resultante da fusão do gelo.

$$Q_1 = 200 \cdot 0,5 \cdot (0 + 6) \Rightarrow Q_1 = 600 \text{ cal}$$

$$Q_2 = 200 \cdot 80 \Rightarrow Q_2 = 16.000 \text{ cal}$$

$$Q_3 = 1.000 \cdot 1 \cdot (0 - 15) \Rightarrow Q_3 = -15.000 \text{ cal}$$

Sendo  $Q_1 + Q_2 = 16.600 \text{ cal}$ , pode-se concluir que a massa de água não cederá calor suficiente para fundir completamente o gelo, pois  $Q_3 = -15.000 \text{ cal}$ , então a temperatura final será  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ , pois restará alguma quantidade de gelo.

A primeira hipótese fica correta com a negativa: O calor cedido pela massa de água será suficiente para elevar a temperatura do gelo até  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  e não fundi-lo completamente. Resta saber quanto gelo não se fundiu.

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow 600 + m \cdot 80 - 15.000 = 0 \Rightarrow 80m = 14.400 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{14.400}{80} \Rightarrow m = 180 \text{ g (massa de gelo que se funde)}$$

Então, restarão 20 g de gelo, e a mistura estará a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

27. 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 massa  $m_v$ :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta + m_v \cdot L_v \Rightarrow Q = 2.000 \cdot 1 \cdot (100 - 20) + 400 \cdot 540 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q = 376.000 \text{ cal}$$

Para um rendimento de 80%, fica:

$$Q = Q_T \cdot 80\% \Rightarrow Q_T = \frac{Q}{0,8} \Rightarrow Q_T = \frac{376.000}{0,8} \Rightarrow Q_T = 470.000 \text{ cal}$$

$$\text{Em joules: } Q_T = 470.000 \cdot 4,2 \Rightarrow Q_T = 1.974.000 \text{ J}$$

Da definição de potência:

$$P = \frac{Q_T}{t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q_T}{P} \Rightarrow \Delta t = \frac{1.974.000}{420} \Rightarrow \Delta t = 4.700 \text{ s} = 1,30 \text{ h} \Rightarrow$$

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

28. Calor para fundir o gelo:  $Q = m \cdot L \Rightarrow Q = 20 \cdot 80 \Rightarrow Q = 1.600 \text{ cal}$

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

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

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

$$\Rightarrow Q = -2.000 - 18,8 \Rightarrow Q = -2.018,8 \text{ cal}$$

- a) Como a quantidade de calor necessária para fundir o gelo é menor que a quantidade de calor que ele pode receber, o gelo se funde completamente.
- b) Considera-se, então, que o gelo irá se fundir e a água resultante da fusão irá se aquecer até a temperatura de equilíbrio maior que 0 °C.

$$\begin{aligned}\Sigma Q &= 0 \Rightarrow Q_{\text{água}} + Q_{\text{cobre}} + Q_{\text{fusão}} + Q_{\text{água-fusão}} = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 100 \cdot 1 \cdot (T - 20) + 10 \cdot 0,094 \cdot (T - 20) + 20 \cdot 80 + \\ &+ 20 \cdot 1 \cdot (T - 0) = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 100T - 2.000 + 0,94T - 18,8 + 1.600 + 20T = 0 \Rightarrow \\ &\Rightarrow 120,94T = 418,8 \Rightarrow T = 3,46 \text{ °C}\end{aligned}$$

29. a

Estando a água na temperatura de ebulição, a quantidade de calor cedida pelo corpo metálico, para resfriá-lo de 250 °C até 100 °C, será empregada integralmente para a vaporização da água.

$$\begin{aligned}Q_{\text{cedido}} &= m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 270 \cdot 0,11 \cdot (100 - 250) \Rightarrow \\ &\Rightarrow Q = 29,7 \cdot (-150) \Rightarrow Q_{\text{cedido}} = -4.455 \text{ cal}\end{aligned}$$

$$\text{Então: } Q_{\text{recebido}} = 4.455 \text{ cal}$$

$$\text{Na vaporização de água: } Q = m \cdot L_v \Rightarrow 4.455 = m \cdot 540 \Rightarrow m = 8,25 \text{ g}$$

30. d

- I. Errada, pois em pressão de 1 atm, para a água, a temperatura de fusão é 0 °C, e a de ebulição é de 100 °C, valores diferentes dos que indicam os patamares no gráfico.
- II. Correta, pois 80 °C é a temperatura do segundo patamar.
- III. Correta. De acordo com o gráfico, foram utilizadas 200 cal na fusão (1ª patamar), então:

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

31. c

- a) Errada. O texto esclarece que tal prática é adotada para se derreter mais rapidamente a neve.
- b) Errada. Gelo e neve, ambos 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 °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 °C.
- e) Errada. O texto esclarece que a dissolução do sal em água é endotérmica, isto é, absorve calor.

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-d'água presente no ar atmosférico.

- e) Errada. O gelo sofre fusão, mas não atravessa a parede impermeável do copo.

## ■ CAPÍTULO 3

### PROPAGAÇÃO DE CALOR

#### Conexões

1. O urubu ou qualquer ave não conseguiriam voar planando à noite, ou pelo menos não tão bem como durante o dia, pela falta das correntes de ar quente ascendentes.
2. “Dia velho”, o fim do dia, período da tarde quando ocorrem as trocas térmicas. Com as asas aquecidas pelo Sol, o urubu mergulha no ar, que o leva para cima, como no mergulho em uma piscina.
3. O ar aquecido no pé da serra (na planície) sobe pelas encostas, em razão da convecção.
4. A “chaminé do dia” é a térmica (corrente de ar quente ascendente) que se forma com o aquecimento das massas de ar próximas ao solo e se elevam como em uma chaminé.
5. “As grandes asas expandidas cavalgam as bolhas de ar quente emergentes da ravina.”

#### Complementares

$$9. e = 3,66 \text{ mm} = 0,366 \text{ cm}$$

$$\Phi = \frac{k \cdot A \cdot \theta}{e} \Rightarrow \frac{1,83 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot \theta}{0,366} = 2 \cdot 10^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{0,366 \cdot 2 \cdot 10^3}{1,83} \Rightarrow \Delta\theta = \frac{0,732}{1,83} \cdot 10^3 = 0,4 \cdot 10^3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = 400 \text{ °C}$$

$$10. e = 0,6 \text{ cm} = 0,006 \text{ m} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\Delta\theta = 25 \text{ °C} = 25 \text{ K}$$

$$\Phi = \frac{k \cdot A \cdot \theta}{e} \Rightarrow \Phi = \frac{0,8 \cdot 3 \cdot 25}{6 \cdot 10^{-3}} = 10 \cdot 10^3 \text{ W} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Phi = 10.000 \text{ W} = 10.000 \text{ J/s}$$

11. Considerando o calor “perdido” através das janelas, apenas por condução, temos:

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

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

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

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

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

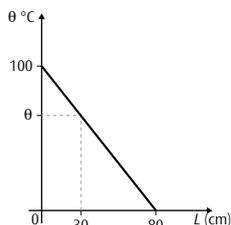
$$Q = \frac{k \cdot A \cdot \theta \cdot t}{e} = \frac{0,72 \cdot 7,5 \cdot 25 \cdot 12}{3 \cdot 10^{-3}} = 540.000 \text{ cal} = 5,4 \cdot 10^5 \text{ cal}$$

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

$$\text{A massa de carvão será: } m = \frac{Q}{C_{\text{comb.}}} \Rightarrow m = \frac{5,4 \cdot 10^5}{6 \cdot 10^3} \Rightarrow m = 90 \text{ kg}$$

12. 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:

$$\frac{100 - \theta}{30 - 0} = \frac{100 - 0}{80 - 0} \Rightarrow 100 - \theta = \frac{3.000}{80} \Rightarrow \theta = 100 - 37,5 \Rightarrow \theta = 62,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

21. b

O calor transmite-se por condução do fundo aquecido da caixa para os tubos que estão encostados nele e para o ar dentro da caixa. Assim, temos as três formas de transmissão de calor.

22. d

- Errada. Praticamente toda a radiação solar que chega ao planeta é devolvida, de algum modo, para o espaço.
- Errada. É inferior: 30% refletida e 50% absorvida pela superfície.
- Errada. Absorve 20%.
- Errada. Emitida pela atmosfera: 64%; emitida pela superfície: 6%.

23. 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.

24. c

Entre o Sol e a Terra não existe matéria, assim a única forma de transmissão possível é a irradiação.

### Tarefa proposta

1. c

O fluxo de calor depende da condutividade térmica do material.

2.  $e = 2 \text{ mm} = 0,2 \text{ cm}$

$$\Phi = \frac{k \cdot A \cdot \theta}{e} \Rightarrow \Phi = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 10^3 \cdot (40 - 0)}{0,2} \Rightarrow \Phi = 750 \text{ cal/s}$$

3. e

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

$$Q = m \cdot L \Rightarrow Q = 15 \cdot 80 = 1.200 \text{ cal}$$

$$\frac{1.200 \text{ cal}}{x} = \frac{600 \text{ s}}{1 \text{ s}} \Rightarrow x = \frac{1.200}{600} = 2 \text{ cal/s}$$

$$4. \Phi = \frac{k \cdot A \cdot \theta}{e} \Rightarrow \Phi = \frac{80 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 10^4 \cdot 37}{1,85} \Rightarrow \Phi = 16 \text{ cal/s}$$

$$60 \text{ minutos} = 3.600 \text{ s}$$

$$\Phi = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = \Phi \cdot \Delta t \Rightarrow Q = 16 \cdot 3.600 \Rightarrow Q = 57.600 \text{ cal}$$

5. d

Como o gelo tem baixa condutibilidade térmica, não há muita perda de calor para o ambiente, mantendo a temperatura no interior do iglu maior que a região externa.

6. d

$$\Phi_{\text{tijolo}} = \frac{k_t \cdot A_t \cdot \theta}{e_t} \Rightarrow \frac{\Phi_t}{A_t} = \frac{0,12 \cdot \theta}{0,18} \Rightarrow \frac{\Phi_t}{A_t} = \frac{2}{3} \cdot \Delta\theta \text{ (I)}$$

$$\Phi_{\text{vidro}} = \frac{k_v \cdot A_v \cdot \theta}{e_v} \Rightarrow \frac{\Phi_v}{A_v} = \frac{1 \cdot \theta}{2,5 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{2,5} \cdot \Delta\theta \cdot 10^3 \text{ (II)}$$

Fazendo a razão II para I:

$$\left(\frac{\Phi}{A}\right)_{\text{vidro}} = \frac{1}{2,5} \cdot \theta \cdot 10^3$$

$$\left(\frac{\Phi}{A}\right)_{\text{tijolo}} = \frac{2}{3} \cdot \theta$$

$$\frac{\left(\frac{\Phi}{A}\right)_{\text{vidro}}}{\left(\frac{\Phi}{A}\right)_{\text{tijolo}}} = \frac{1}{2,5} \cdot \theta \cdot 10^3}{\frac{2}{3} \cdot \theta} = 0,6 \cdot 10^3 = 600$$

$$7. \Phi = \frac{k \cdot A \cdot \theta}{e} \Rightarrow \frac{8 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot (100 - 0)}{40} \Rightarrow$$

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

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

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

$$\Rightarrow 8 = 10 - 0,1\theta \Rightarrow 0,1\theta = 2 \Rightarrow \theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Convertendo para  $^\circ\text{F}$ :

$$\frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_f - 32}{9} \Rightarrow \frac{20}{5} = \frac{\theta_f - 32}{9} \Rightarrow 9 \cdot 4 = \theta_f - 32 \Rightarrow \theta_f = 68 \text{ }^\circ\text{F}$$

8. e

O fluxo de calor através da barra é:

$$\Phi = \frac{k \cdot A \cdot \theta}{e} = \frac{0,5 \cdot 80 \cdot (400 - 0)}{20} \Rightarrow \Phi = 800 \text{ cal/s}$$

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. d

O fluxo de calor é definido por  $\Phi = \frac{k \cdot A \cdot \theta}{e}$ . Por essa relação, vemos que a relação do fluxo de calor com a espessura é inversamente proporcional: quanto maior a espessura, menor o fluxo de calor, e a relação com a condutividade térmica é proporcional; assim, diminuindo a condutividade térmica, diminuimos o fluxo de calor na luva.

10. a

O fluxo de calor é definido por  $\Phi = \frac{k \cdot A \cdot \theta}{e}$ .

- a) Correta. Pela relação, vemos que, ao reduzirmos à metade a espessura da placa, dobramos o fluxo de calor.
- b) Falsa. Pela relação, vemos que, ao dobrarmos a espessura da placa, reduzimos à metade o fluxo de calor.
- c) Falsa. Pela relação, vemos que, ao quadruplicarmos a espessura da placa, reduzimos em um quarto o fluxo de calor.
- d) Falsa. Pela relação, vemos que reduzir a temperatura da fonte fria aumenta o fluxo de calor, mas não o dobra.
- e) Falsa. Pela relação, vemos que esta ação irá diminuir a diferença de temperatura, diminuindo o fluxo de calor.

11. 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.

12. b

A espessura do saquinho é pequena, então o fluxo de calor é grande. Para se elevar a temperatura no interior do saquinho acima do ponto de vaporização da água, é necessário que toda a água se encontre na fase de vapor.

13. 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.

14. a

Do Sol até a carroceria: irradiação.  
Através da carroceria: condução.  
No interior do veículo: convecção.

15. 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.

16. d

Ler o texto “Estufa e efeito estufa”, na página 48.

17. a

- a) Correta. Os espaços vazios facilitam a circulação do ar no interior da geladeira, melhorando a eficiência das trocas de calor por convecção.
- b) Incorreta. O gelo acumulado, sendo isolante térmico, prejudica as trocas de calor.

- c) Incorreta. As roupas estendidas dificultam as trocas de calor entre o radiador e o ambiente.
- d) Incorreta. Toalhas sobre as prateleiras dificultam a convecção no interior da geladeira.
- e) 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 que funcionar por mais tempo para resfriá-lo.

18.  $P_t = 500 \cdot 10 = 5.000 \text{ W}$

$$P_\mu = 40\% \cdot P_t = 0,4 \cdot 5.000 \Rightarrow P_\mu = 2.000 \text{ W} = 2 \text{ kW}$$

Para transformar uma energia de  $\Delta E = 10 \text{ kWh}$ :

$$P_\mu = \frac{E}{t} \Rightarrow \Delta t = \frac{10}{2} \Rightarrow \Delta t = 5 \text{ h}$$

19. d

O gelo tem baixa condutibilidade térmica, então ele é um péssimo condutor de calor, dificultando o fluxo de calor.

20. b

Ler o texto efeito “Estufa e efeito estufa”, na página 48.

21. c

As únicas formas de propagação de calor que não precisam de fluido para ocorrer são a condução e a irradiação.

22. b

Quando exposta ao sol, uma placa pintada de preto absorve mais energia que uma placa de qualquer outra cor. Por isso, ela atinge maiores temperaturas.

23. d

$$1 \text{ hm} = 10^2 \text{ m} \Rightarrow 1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$$

$$\therefore 8 \text{ hm}^2 = 8 \cdot 10^4 \text{ m}^2$$

$$E = P \cdot \Delta t \Rightarrow E = 70\% \cdot 1,3 \text{ kW/m}^2 \cdot 8 \cdot 10^4 \text{ m}^2 \cdot 10 \text{ h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = 7,3 \cdot 10^5 \text{ kWh}$$

24. a) O porão constitui-se em uma bolsa de ar (isolante térmico) entre o solo e o piso da residência. E, sendo o assoalho de madeira, que também é um isolante térmico, as casas assim construídas garantiam menor perda de calor nos dias frios do inverno europeu.

b) O porão é construído com a finalidade de isolamento térmico do interior em relação às baixas temperaturas do ambiente. Como no Brasil, excetuando-se a região Sul, não há temperaturas tão baixas, o porão perde sua finalidade.

25. b

A madeira tem baixa condutibilidade térmica, assim é um bom isolante térmico.

26. e

Ler o texto sobre irradiação, na página 47.

27. c

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

28. d  
Os metais são melhores condutores de calor, já a cerâmica tem baixa condutibilidade térmica, sendo um péssimo condutor de calor.
29. 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.
30. c  
Colocando-se o gelo sobre o barril, o chope da região superior resfria, ficando mais denso e deslocando-se para baixo, criando uma corrente de convecção.
31. 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.
  - Incorreta. As mantas térmicas não têm a função de resfriar nem de aquecer, apenas funcionam como isolante térmico.
32. b
- 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.
  - 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.
  - 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.
  - Incorreta. Forçada pela bomba de água, a água fria sobe, enquanto a água aquecida desce.
  - 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

- Não seria possível, pois a cada inverno haveria o congelamento total dos lagos, e não somente da superfície, como ocorre.

- Apenas vida bacteriana e formas mais simples de vida suportam ser resfriadas até temperaturas muito baixas e continuam vivas. 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  $0^\circ\text{C}$ , não permitindo que a água se congele.

#### Complementares

$$9. \Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta = 0,0002 \cdot L_0 = L_0 \cdot \alpha \cdot 50 \Rightarrow \alpha_{\text{máx.}} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

10. d

$$\begin{aligned} \Delta L_1 + \Delta L_2 = d &\Rightarrow L_{01} \cdot \alpha_1 \cdot (\theta - 15) + L_{02} \alpha_2 (\theta - 15) = 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \\ &\Rightarrow 2 \cdot 3 \cdot 10^{-5} (\theta - 15) + 1 \cdot 4 \cdot 10^{-5} (\theta - 15) = 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \\ &\Rightarrow (6 \cdot 10^{-5} + 4 \cdot 10^{-5}) \cdot (\theta - 15) = 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \\ &\Rightarrow 10 \cdot 10^{-5} \cdot (\theta - 15) = 5 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \theta - 15 = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \theta - 15 = 0,5 \cdot 10^2 \Rightarrow \theta = 50 + 15 = 65^\circ\text{C} \end{aligned}$$

11. a

Para a barra I, temos:

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

$$\Delta L_1 = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow 3,3 = \alpha \cdot 10^4 \cdot 30 \Rightarrow \alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

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

$$\Delta L_2 = \alpha \cdot L_{02} \cdot \Delta\theta_2 \Rightarrow \Delta L_2 = 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 10 \Rightarrow \Delta L_2 = 0,55 \text{ mm}$$

12. d

$$\begin{aligned} \bullet \Delta L &= L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta \Rightarrow \frac{0,2}{100} \cdot \ell_0 = \ell_0 \cdot \alpha \cdot 100 \Rightarrow \alpha = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \\ \bullet \Delta A &= A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta \Rightarrow \frac{A}{A_0} = 2 \cdot \alpha \cdot 100 \Rightarrow \frac{A}{A_0} = 2 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{A}{A_0} = 4 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \frac{A}{A_0} = 0,004 = 0,4\% \\ \bullet \Delta V &= V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta \Rightarrow \frac{V}{V_0} = 3\alpha \cdot 100 \Rightarrow \frac{V}{V_0} = 3 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{V}{V_0} = 6 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = 0,006 = 0,6\% \end{aligned}$$

21. e

- Errada. O volume da gasolina também se reduz.
- Errada. À noite, com a redução da temperatura, o volume de combustível será menor. Portanto, ele terá perda e não lucro.
- Errada.  $\gamma_{\text{apar.}} = \gamma_{\text{real}} - \gamma_{\text{rec.}} \Rightarrow \gamma_{\text{apar.}} = 9,6 \cdot 10^{-4} - 6,3 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \gamma_{\text{apar.}} = 8,97 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Errada.  $\Delta V = V_0 \cdot \gamma_{\text{rec.}} \cdot \Delta\theta = 100 \cdot 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \Rightarrow \Delta V = 0,96 \text{ L}$   
Calculando a dilatação aparente, obtemos 0,897 L.
- Correta.  
 $\Delta V_{\text{ap.}} = V_0 \cdot \gamma_{\text{ap.}} \cdot \Delta\theta = 200 \cdot 8,97 \cdot 10^{-4} \cdot 25 \Rightarrow \Delta V_{\text{ap.}} = 4,48 \text{ L}$

22. b

$V_\ell = 0,50V_{\text{rec.}}$ . Para manter a porcentagem, deve-se ter:

$$\begin{aligned} \Delta V_{\text{liq.}} &= \Delta V_{\text{rec.}} \Rightarrow V_0 \cdot \gamma_{\text{liq.}} \cdot \Delta\theta = 2 V_0 \cdot \gamma_{\text{rec.}} \cdot \Delta\theta \Rightarrow \gamma_{\text{liq.}} = 2 \cdot \gamma_{\text{rec.}} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{\gamma_{\text{rec.}}}{\gamma_{\text{liq.}}} = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

23. c

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

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

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

Assim:

$$\Delta V_{\text{ap.}} = \gamma_{\text{ap.}} \cdot V_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta V_{\text{ap.}} = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 1 \cdot 30 \Rightarrow \Delta V_{\text{ap.}} = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ L}$$

Como:

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

24. c

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

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

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

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

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

## Tarefa proposta

1. e

De acordo com o gráfico, temos:

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

$$\Rightarrow \alpha = \frac{0,2}{4.000} \Rightarrow \alpha = 5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

2. c

$$\ell_A = \ell_B = \ell_{0A} (1 + \alpha_A \cdot \Delta\theta) = \ell_{0B} (1 + \alpha_B \cdot \Delta\theta) \Rightarrow$$

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

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

$$\Rightarrow 9,9 \cdot 10^{-5} \Delta\theta - 9,1 \cdot 10^{-5} \Delta\theta = 1 - 0,99 \Rightarrow 0,8 \cdot 10^{-5} - \Delta\theta = 0,01 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{0,01}{0,8 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow \Delta\theta = 1.250 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Sendo } \theta_f = \theta_0 + \Delta\theta \Rightarrow \theta_f = 20 + 1.250 = 1.270 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. c

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta L = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \cdot 30 \Rightarrow \Delta L = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta L = 99 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$4. \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{3}{2} \text{ e } \Delta L_A = \Delta L_B \Rightarrow L_{0A} \cdot \alpha_A \cdot \Delta\theta = L_{0B} \cdot \alpha_B \cdot \Delta\theta \Rightarrow \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = \frac{L_{0B}}{L_{0A}}$$

$$\text{Então: } \frac{L_{0A}}{L_{0B}} = \frac{\alpha_B}{\alpha_A} = \frac{2}{3}$$

5. d

$$\ell_A = \ell_B \Rightarrow \ell_{0A} + \Delta\ell_A = \ell_{0B} + \Delta\ell_B \Rightarrow$$

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

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

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

$$\Rightarrow 202,0 + 404,0 \cdot 10^{-5} \theta = 200,8 + 1.004,0 \cdot 10^{-5} \theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (1.004,0 - 404,0) \cdot 10^{-5} \theta = 202,0 - 200,8 \Rightarrow$$

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

6. d

$$\Delta\ell_B = \Delta\ell_A + 1 \Rightarrow \ell_{0B} \cdot \alpha_B \cdot \Delta\theta = \ell_{0A} \cdot \alpha_A \cdot \Delta\theta + 1 \Rightarrow$$

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

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

$$\Rightarrow 4 \cdot 10^{-3} \cdot \theta = 600 \cdot 10^{-3} + 1 \Rightarrow \theta = \frac{1,6}{4 \cdot 10^{-3}} = 0,4 \cdot 10^3 \Rightarrow \theta = 400 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$x = \ell_{0A} - \ell_{0B}$$

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

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

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

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

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

8. d

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

9. d

$$\Delta\ell = 1,0 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m para } \Delta\theta = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta\ell = \ell_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta \Rightarrow \alpha = \frac{\ell}{\ell_0 \cdot \theta} = \frac{10^{-3}}{1.50} = 0,02 \cdot 10^{-3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

10. b

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

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta = A_0 \cdot 2 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot 90 \approx 2 \cdot 10^{-3} \cdot A_0 \Rightarrow \Delta A = 0,2\% A_0$$

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

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

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

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

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

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

$$A_p = 40 \cdot 50 = 2.000 \text{ cm}^2$$

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

$$A_r = A_p - A_0 \Rightarrow A_r = 2.000 - 399 \Rightarrow A_r = 1.601 \text{ cm}^2$$

12. 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.

13. 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:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta_C \Rightarrow \Delta L = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 83,3 \Rightarrow \Delta L = 0,002 \text{ km} \Rightarrow$$

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

14. a

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta L = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 2.000 \cdot (10 - 35) \Rightarrow \Delta L = -1,0 \text{ m}$$

Portanto, 1,0 m a menos.

15. b

$$\frac{\theta_c}{\theta_f} = \frac{100}{180} = \frac{5}{9}$$

$$\alpha_c = \frac{\ell}{\ell_0 \cdot \theta_c} \text{ e } \alpha_f = \frac{\ell}{\ell_0 \cdot \theta_f}$$

$$\frac{\alpha_f}{\alpha_c} = \frac{\frac{\ell}{\ell_0 \cdot \theta_f}}{\frac{\ell}{\ell_0 \cdot \theta_c}} \Rightarrow \frac{\alpha_f}{\alpha_c} = \frac{\theta_c}{\theta_f} = \frac{5}{9} \Rightarrow \alpha_f = \frac{5}{9} \alpha_c$$

16. a

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

17. d

$$\Delta V = 1,2\% \text{ de } V_0 \Rightarrow \Delta V = 0,012 \cdot V_0$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta \Rightarrow 0,012 \cdot V_0 = V_0 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta\theta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \frac{12 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-5}} = 2 \cdot 10^2 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta = \theta_0 + \Delta\theta \Rightarrow \theta = 50 + 200 \Rightarrow \theta = 250 \text{ }^\circ\text{C}$$

18. a

Cobre:

$$\bullet \Delta\ell_1 = \ell_{01} \cdot \alpha_{\text{cobre}} \cdot \Delta\theta = 10 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \Rightarrow \Rightarrow \Delta\ell_1 = 17 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

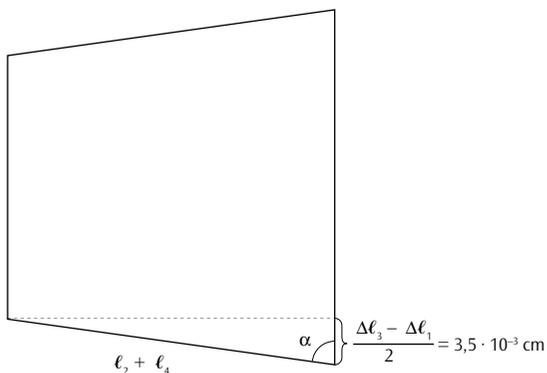
$$\bullet \Delta\ell_2 = \ell_{02} \cdot \alpha_{\text{cobre}} \cdot \Delta\theta = 8 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \Rightarrow \Rightarrow \Delta\ell_2 = 13,6 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

Alumínio:

$$\bullet \Delta\ell_3 = \ell_{03} \cdot \alpha_{\text{Al}} \cdot \Delta\theta = 10 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \Rightarrow \Delta\ell_3 = 24 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\bullet \Delta\ell_4 = \ell_{04} \cdot \alpha_{\text{Al}} \cdot \Delta\theta = 5 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \Rightarrow \Delta\ell_4 = 12 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

Portanto, na figura B, temos as seguintes medidas:



$$\bullet \ell_2 + \ell_4 = 8 + 13,6 \cdot 10^{-3} + 5 + 12 \cdot 10^{-3} = 13,0256 \text{ cm}$$

Portanto:

$$\cos \alpha = \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{13,0256} = 2,687 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \alpha = 89,98^\circ$$

19. e

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

20. c

$$\bullet \Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow 4,01 - 4,0 = \alpha \cdot 4 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \alpha \cdot \Delta\theta = \frac{0,01}{4}$$

$$\bullet \Delta S = \beta \cdot S_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta S = 2\alpha \cdot S_0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta S = 2 \cdot 16 \cdot \left(\frac{0,01}{4}\right) \Rightarrow \Rightarrow \Delta S = 0,08 \text{ cm}^2$$

$$\text{Assim: } S = 16 + 0,08 \Rightarrow S = 16,08 \text{ cm}^2$$

21. c

Dilatação do braço  $\ell_0 = 20 \text{ m}$ ;  $\Delta\theta = 200 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta = 20 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 200 = 4.800 \cdot 10^{-5} \Rightarrow$$

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

O aumento do torque é proporcional ao aumento do braço.

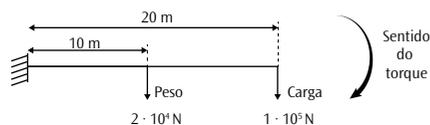
Braço da carga: aumento de 0,048 m.

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

Assim:

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

$$\Delta\tau = 4.800 + 480 \Rightarrow \Delta\tau = 5.280 \text{ N} \cdot \text{m}$$



22. a

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta = 0,1 \cdot V_0 = V_0 \cdot \gamma \cdot (92 - 22) \Rightarrow \gamma = \frac{0,1}{70}$$

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

23. a

Se os coeficientes de dilatação forem iguais, a dilatação do líquido não será perceptível.

24. d

O menor volume da água ocorre com a temperatura de 4 °C. Tal fato pode ser explicado pela dilatação anômala da água. De 0 °C a 4 °C, o volume da água diminui e a sua densidade aumenta. A partir de 4 °C, a densidade diminui.

25. e

Como houve transbordamento, a dilatação sofrida pelo líquido é maior que a sofrida pelo béquer. Nesse caso, a dilatação real do líquido é igual à soma do volume transbordado com o volume que aumentou no recipiente, ou seja, resulta numa dilatação maior que 9,0 cm<sup>3</sup>.

26. b

Como a temperatura da porção de água diminui, o volume também diminui. A massa dessa porção de água permanece constante, então a densidade absoluta vai aumentar. A densidade é inversamente proporcional ao volume.

27. a

Entre 0 °C e 4 °C, a densidade aumenta com o aumento da temperatura. Então, no resfriamento de 4 °C para 0 °C, a densidade diminui, dificultando o processo de convecção.

