P.50 Dados: $m = 50$ g; $Q = 300$ cal; $\theta_0 = -10$ °C; $\theta = 20$ °C

$\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 20 - (-10) \Rightarrow \Delta\theta = 30$ °C

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 300 = 50 \cdot c \cdot 30 \Rightarrow \boxed{c = 0{,}2 \text{ cal/g} \cdot °\text{C}}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} \Rightarrow C = \frac{300}{30} \Rightarrow \boxed{C = 10 \text{ cal/°C}}$$

ou

$$C = mc \Rightarrow C = 50 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \boxed{C = 10 \text{ cal/°C}}$$

P.51 Dados: $m = 1$ kg $= 1.000$ g; $c = 0{,}6$ cal/g · °C; $\theta_0 = -30$ °C; $Q = 12.000$ cal

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 12.000 = 1.000 \cdot 0{,}6 \cdot \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = 20$ °C

Logo:

$$\Delta\theta = \theta - \theta_0 \Rightarrow \theta = \Delta\theta + \theta_0 = 20 - 30 \Rightarrow \boxed{\theta = -10 \text{ °C}}$$

P.52 Fonte: 20 calorias por minuto

$\Delta\theta = 30$ °C; $m = 50$ g; $\Delta t = 15$ min

$$\left.\begin{array}{l} 20 \text{ cal} \text{ —— } 1 \text{ min} \\ Q \text{ —— } 15 \text{ min} \end{array}\right\} Q = 20 \cdot 15 \Rightarrow Q = 300 \text{ cal}$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 300 = 50 \cdot c \cdot 30 \Rightarrow \boxed{c = 0{,}2 \text{ cal/g} \cdot °\text{C}}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} \Rightarrow C = \frac{300}{30} \Rightarrow \boxed{C = 10 \text{ cal/°C}}$$

ou

$$C = mc \Rightarrow C = 50 \cdot 0{,}2 \Rightarrow \boxed{C = 10 \text{ cal/°C}}$$

P.53 Se a fonte fornece x calorias por minuto, o bloco metálico recebe a quantidade de calor $Q_1 = 3x$ ①, e a água, $Q_2 = 12x$ ②. Dividindo ① por ②, temos:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{3}{12} \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{1}{4}$$

Como $Q_1 = m \cdot c_{metal} \cdot \Delta\theta$ e $Q_2 = m \cdot c_{água} \cdot \Delta\theta$, temos:

$$\frac{\cancel{m} \cdot c_{metal} \cdot \cancel{\Delta\theta}}{\cancel{m} \cdot c_{água} \cdot \cancel{\Delta\theta}} = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{c_{metal}}{c_{água}} = \frac{1}{4}$$

Sendo o calor específico da água $c_{água} = 1$ cal/g · °C, temos:

$$c_{metal} = \frac{1}{4} \Rightarrow \boxed{c_{metal} = 0{,}25 \text{ cal/g} \cdot °\text{C}}$$

P.54 Fonte: 2 cal/s; $m = 60$ g; $\Delta\theta = (50 - 20)$ °C $= 30$ °C; $\Delta t = 6$ min $= 360$ s

$$\left.\begin{array}{l} 2 \text{ cal} \text{ ——— } 1 \text{ s} \\ Q \text{ ——— } 360 \text{ s} \end{array}\right\} Q = 2 \cdot 360 \Rightarrow Q = 720 \text{ cal}$$

Cálculo da capacidade térmica:

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{720}{30} \Rightarrow \boxed{C = 24 \text{ cal/°C}}$$

Cálculo do calor específico:

$$c = \frac{C}{m} = \frac{24}{60} \Rightarrow \boxed{c = 0{,}4 \text{ cal/g} \cdot °\text{C}}$$

P.55 Dados: $m_A = m_B = 20$ g; $m_C = 10$ g

- Corpo A: $Q = 40$ cal; $\Delta\theta = 20$ °C

$$C_A = \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{40}{20} \Rightarrow \boxed{C_A = 2 \text{ cal/°C}}$$

$$c_A = \frac{C_A}{m_A} = \frac{2}{20} \Rightarrow \boxed{c_A = 0{,}1 \text{ cal/g} \cdot °\text{C}}$$

- Corpo B: $Q = 40$ cal; $\Delta\theta = 10$ °C

$$C_B = \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{40}{10} \Rightarrow \boxed{C_B = 4 \text{ cal/°C}}$$

$$c_B = \frac{C_B}{m_B} = \frac{4}{20} \Rightarrow \boxed{c_B = 0{,}2 \text{ cal/g} \cdot °\text{C}}$$

- Corpo C: $Q = 60$ cal; $\Delta\theta = 10$ °C

$$C_C = \frac{Q}{\Delta\theta} = \frac{60}{10} \Rightarrow \boxed{C_C = 6 \text{ cal/°C}}$$

$$c_C = \frac{C_C}{m_C} = \frac{6}{10} \Rightarrow \boxed{c_C = 0{,}6 \text{ cal/g} \cdot °\text{C}}$$

P.56

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
Ferro	500 g	0,1 cal/g · °C	42 °C	x	$x - 42$
Água	500 g	1 cal/g · °C	20 °C	x	$x - 20$

$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 500 \cdot 0{,}1 \cdot (x - 42) \Rightarrow Q_1 = 50x - 2.100$

$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 500 \cdot 1 \cdot (x - 20) \Rightarrow Q_2 = 500x - 10.000$

$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow 50x - 2.100 + 500x - 10.000 \Rightarrow$

$\Rightarrow 550x = 12.100 \Rightarrow \boxed{x = 22\ °C}$

P.57

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
Alumínio	100 g	0,22 cal/g · °C	x	32 °C	$32 - x$
Água	4.400 g	1,0 cal/g · °C	30 °C	32 °C	2 °C

$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 100 \cdot 0{,}22 \cdot (32 - x) \Rightarrow Q_1 = 704 - 22x$

$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 4.400 \cdot 1{,}0 \cdot 2 \Rightarrow Q_2 = 8.800$ cal

$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow 704 - 22x + 8.800 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 22x = 9.504 \Rightarrow \boxed{x = 432\ °C}$

P.58 a)

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
Calorímetro	$C = 5{,}0$ cal/°C		10 °C	x	$x - 10$
Líquido	300 g	0,20 cal/g · °C	41 °C	x	$x - 41$

$Q_1 = C \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_1 = 5{,}0 \cdot (x - 10) \Rightarrow Q_1 = 5{,}0x - 50$

$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_2 = 300 \cdot 0{,}20 \cdot (x - 41) \Rightarrow Q_2 = 60x - 2.460$

$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow 5{,}0x - 50 + 60x - 2.460 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 65x = 2.510 \Rightarrow \boxed{x \simeq 38{,}6\ °C}$

b)

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
Calorímetro	$C = 5{,}0$ cal/°C		38,6 °C	60 °C	21,4 °C
Líquido	300 g	0,20 cal/g · °C	38,6 °C	60 °C	21,4 °C
Metal	500 g	x	200 °C	60 °C	−140 °C

$Q_1 = C \cdot \Delta\theta = 5{,}0 \cdot 21{,}4 \Rightarrow Q_1 = 107$ cal

$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 300 \cdot 0{,}20 \cdot 21{,}4 \Rightarrow Q_2 = 1.284$ cal

$Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 500 \cdot x \cdot (-140) \Rightarrow Q_3 = -70.000x$

$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow 107 + 1.284 - 70.000x = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 70.000x = 1.391 \Rightarrow x = \dfrac{1.391}{70.000} \Rightarrow \boxed{x \simeq 0,02 \text{ cal/g} \cdot {}^\circ\text{C}}$

P.59

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
Metal	50 g	x	98 °C	24,6 °C	−73,4 °C
Calorímetro	150 g	0,093 cal/g · °C	21,0 °C	24,6 °C	3,6 °C
Água	200 g	1,0 cal/g · °C	21,0 °C	24,6 °C	3,6 °C

$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_1 = 50 \cdot x \cdot (-73,4) \Rightarrow Q_1 = -3.670x$

$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_2 = 150 \cdot 0,093 \cdot 3,6 \Rightarrow Q_2 = 50,22 \text{ cal}$

$Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_3 = 200 \cdot 1,0 \cdot 3,6 \Rightarrow Q_3 = 720 \text{ cal}$

$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow -3.670x + 50,22 + 720 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 3.670x = 770,22 \Rightarrow \boxed{x \simeq 0,21 \text{ cal/g} \cdot {}^\circ\text{C}}$

P.60

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
Calorímetro	$C = 40$ cal/°C		90 °C	80 °C	−10 °C
Água	110 g	1 cal/g · °C	90 °C	80 °C	−10 °C
Alumínio	x	0,2 cal/g · °C	20 °C	80 °C	60 °C

$Q_1 = C \cdot \Delta\theta = 40 \cdot (-10) \Rightarrow Q_1 = -400 \text{ cal}$

$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 110 \cdot 1 \cdot (-10) \Rightarrow Q_2 = -1.100 \text{ cal}$

$Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta\theta = x \cdot 0,2 \cdot 60 \Rightarrow Q_3 = 12x$

$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow -400 - 1.100 + 12x = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 12x = 1.500 \Rightarrow \boxed{x = 125 \text{ g}}$

P.61

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
Cobre	300 g	0,095 cal/g · °C	88 °C	28 °C	−60 °C
Água	548 g	1,0 cal/g · °C	25 °C	28 °C	3 °C
Calorímetro	x	0,22 cal/g · °C	25 °C	28 °C	3 °C

$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_1 = 300 \cdot 0,095 \cdot (-60) \Rightarrow Q_1 = -1.710 \text{ cal}$

$Q_2 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_2 = 548 \cdot 1,0 \cdot 3 \Rightarrow Q_2 = 1.644 \text{ cal}$

$Q_3 = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_3 = x \cdot 0,22 \cdot 3 \Rightarrow Q_3 = 0,66x$

$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow -1.710 + 1.644 + 0,66x = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 0,66x = 1.710 - 1.644 \Rightarrow 0,66x = 66 \Rightarrow \boxed{x = 100 \text{ g}}$

P.62 a) Se massas iguais de água e ferro receberem quantidades de calor iguais, o ferro alcançará uma temperatura mais elevada porque tem menor calor específico. Dada a fórmula $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$, temos:

$Q = m \cdot c_A \cdot \Delta\theta_A$ e $Q = m \cdot c_F \cdot \Delta\theta_F$

Então: $c_A \cdot \Delta\theta_A = c_F \cdot \Delta\theta_F$

Como $c_F < c_A$, temos: $\boxed{\Delta\theta_F > \Delta\theta_A}$

b) Se massas iguais de água e etanol sofrem a mesma variação de temperatura, a quantidade de calor recebida pela água deve ser **maior** que a recebida pelo etanol, visto que a água tem maior calor específico. Então:

$Q_A = m \cdot c_A \cdot \Delta\theta$ e $Q_E = m \cdot c_E \cdot \Delta\theta$

Dividindo-se membro a membro, temos:

$$\frac{Q_A}{Q_E} = \frac{c_A}{c_E}$$

Como $c_A > c_E$, vem: $\boxed{Q_A > Q_E}$

P.63 Para a mesma variação de temperatura ($\Delta\theta = 40$ °C, por exemplo), a quantidade de calor recebida pelo corpo *B* é o dobro da recebida pelo corpo *A* (isto é, $Q_B = 2Q_A$). Usando a fórmula $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$, obtemos:

$$m_B \cdot c_B \cdot \Delta\theta = 2m_A \cdot c_A \cdot \Delta\theta \Rightarrow \frac{c_A}{c_B} = \frac{m_B}{2m_A}$$

Como $m_B = 30m_A$, vem:

$$\frac{c_A}{c_B} = \frac{30m_A}{2m_A} \Rightarrow \boxed{\frac{c_A}{c_B} = 15}$$

P.64 a) Vidro: $m_1 = 500$ g; $c_1 = 0{,}20$ cal/g · °C

Água: $m_2 = 500$ g; $c_2 = 1{,}0$ cal/g · °C

$Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_1 = 500 \cdot 0{,}20 \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_1 = 100 \cdot \Delta\theta$

$Q_2 = m_2 \cdot c_2 \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_2 = 500 \cdot 1{,}0 \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q_2 = 500 \cdot \Delta\theta$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{500 \cdot \Delta\theta}{100 \cdot \Delta\theta} \Rightarrow \boxed{\frac{Q_2}{Q_1} = 5}$$

b) $\Delta\theta = 1{,}0$ °C

$Q_1 = 100 \cdot 1{,}0 \Rightarrow Q_1 = 100$ cal

$Q_2 = 500 \cdot 1{,}0 \Rightarrow Q_2 = 500$ cal

$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q = 100 + 500 \Rightarrow \boxed{Q = 600 \text{ cal}}$$

P.65 Sob pressão normal, a água ferve a 100 °C. Então, a variação de temperatura é:

$\Delta\theta = 100\ °C - 30\ °C \Rightarrow \Delta\theta = 70\ °C$

Sendo a massa $m = 200$ g e o calor específico da água $c = 1$ cal/g · °C, a quantidade de calor recebida pela água vale:

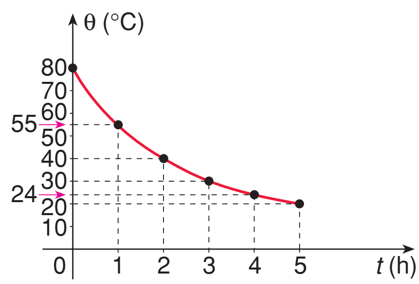
$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 200 \cdot 1 \cdot 70 \Rightarrow Q = 14.000$ cal

Como a fonte fornece 250 cal/s, vem:

$$\left.\begin{array}{l} 250 \text{ cal} \text{ ——— } 1 \text{ s} \\ 14.000 \text{ cal} \text{ ——— } \Delta t \end{array}\right\} \Delta t = \frac{14.000}{250} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 56 \text{ s}}$$

P.66 a) Tabela:

θ (°C)	80	55	40	30	24	20
t (h)	0	1	2	3	4	5



b) Dados: $m = 3.600$ g; $c = 1{,}0$ cal/g · °C; $|\Delta\theta| = (80 - 20)\ °C = 60\ °C$

$|Q| = m \cdot c \cdot |\Delta\theta| = 3.600 \cdot 1{,}0 \cdot 60 \Rightarrow |Q| = 216 \cdot 10^3$ cal

$\Delta t = 5 \text{ h} = 5 \cdot 3.600 \text{ s} = 18.000 \text{ s} = 18 \cdot 10^3 \text{ s}$

O fluxo de perda de calor pela água é dado por:

$$\Phi = \frac{|Q|}{\Delta t} = \frac{216 \cdot 10^3}{18 \cdot 10^3} \Rightarrow \boxed{\Phi = 12 \text{ cal/s}}$$

A água transfere, em média, para o ambiente 12 calorias por segundo.

P.67 a) Dados: $V = 10\ \ell$; $d = 1$ kg/ℓ; $c = 1$ cal/g · °C; 1 cal = 4,0 J; $\Delta\theta = 2\ °C$

$m = dV = 1 \cdot 10 \Rightarrow m = 10 \text{ kg} = 10.000 \text{ g}$

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 10.000 \cdot 1 \cdot 2 \Rightarrow \boxed{Q = 20.000 \text{ cal}}$

ou

$Q = 20.000 \cdot 4{,}0 \text{ J} \Rightarrow \boxed{Q = 80.000 \text{ J}}$

b) Dados: $Pot = 60$ W; $\Delta t = 25$ min $= 25 \cdot 60$ s $= 1.500$ s

Energia total fornecida pelo aquecedor:

$E = Pot \cdot \Delta t = 60 \cdot 1.500 \Rightarrow E = 90.000$ J

Perda energética para o ambiente:

$\Delta E = E - Q = 90.000 - 80.000 \Rightarrow \Delta E = 10.000$ J

Porcentualmente:

$$\left.\begin{array}{l} 90.000 \text{ ——— } 100\% \\ 10.000 \text{ ——— } x \end{array}\right\} x = \frac{10.000 \cdot 100}{90.000} \Rightarrow \boxed{x \simeq 11\%}$$

Em calorias, a perda energética corresponde a:

$$\Delta E = \frac{10.000}{4{,}0} \text{ cal} \Rightarrow \Delta E = 2.500 \text{ cal}$$

P.68 a) $\Delta\theta = 95 - 80 \Rightarrow \Delta\theta = 15$ °C

Em $\Delta t = 1$ s, o volume da água é $V = 0{,}4$ ℓ. Como a densidade da água é $d = 1.000$ kg/m^3 $= 1$ kg/ℓ, a massa de água é $m = 0{,}4$ kg. Sendo o calor específico da água $c = 4.200$ J/kg · °C, a quantidade de calor recebida vale:

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 0{,}4 \cdot 4.200 \cdot 15 \Rightarrow Q = 25.200$ J

A potência absorvida pela água será dada por:

$$Pot = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Pot = \frac{25.200}{1} \Rightarrow Pot = 25.200 \text{ W}$$

b) Acrescentando o aditivo, o calor específico da solução será $c' = 5.250$ J/kg · °C. Como a potência absorvida (isto é, a quantidade de calor recebida por segundo) é a mesma, temos:

$Q = m \cdot c' \cdot \Delta\theta' \Rightarrow 25.200 = 0{,}4 \cdot 5.250 \cdot \Delta\theta' \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta\theta' = \frac{25.200}{0{,}4 \cdot 5.250} \Rightarrow \Delta\theta' = 12 \text{ °C}$$

Mas:

$\Delta\theta' = \theta' - \theta_i \Rightarrow \theta' = \Delta\theta' + \theta_i \Rightarrow \theta' = 12 + 80 \Rightarrow \boxed{\theta' = 92 \text{ °C}}$

P.69 a) Cálculo da potência dissipada:

4 pessoas + 4 computadores = 8 dissipadores de calor (100 W cada)

$Pot_d = 8 \cdot 100 \Rightarrow Pot_d = 800$ W

Cálculo da potência para esfriar o ar de $|\Delta\theta| = 5$ °C em meia hora:

$c = 1.000$ J/kg · °C; $d = 1{,}2$ kg/m^3

$V = 5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 75 \text{ m}^3$

$\Delta t = 0{,}5$ h $= 1.800$ s

$m = dV = 1{,}2 \cdot 75 \Rightarrow m = 90$ kg

$|Q| = m \cdot c \cdot |\Delta\theta| \Rightarrow |Q| = 90 \cdot 1.000 \cdot 5 \Rightarrow |Q| = 450.000$ J

$$Pot = \frac{|Q|}{\Delta t} = \frac{450.000}{1.800} \Rightarrow Pot = 250 \text{ W}$$

A potência total absorvida pelo aparelho vale:

$Pot_{total} = Pot_d + Pot \Rightarrow Pot_{total} = 800 + 250 \Rightarrow Pot_{total} = 1.050$ W

Como a eficiência é 50%, esse valor corresponde à metade da potência do aparelho. Logo:

$$Pot_{aparelho} = 2Pot_{total} \Rightarrow Pot_{aparelho} = 2 \cdot 1.050 \Rightarrow \boxed{Pot_{aparelho} = 2.100 \text{ W}}$$

b) O calor dissipado pelas pessoas e seus computadores aquece o ar de 25 °C para 27 °C ($\Delta\theta = 27$ °C $- 25$ °C $= 2$ °C).

Essa quantidade de calor vale:

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 90 \cdot 1.000 \cdot 2 \Rightarrow Q = 1{,}8 \cdot 10^5$ J

A potência dissipada pelas pessoas e seus computadores é $Pot_d = 800$ W. Então:

$$Pot_d = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{Q}{Pot_d} \Rightarrow \Delta t = \frac{1{,}8 \cdot 10^5}{800} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t = 225 \text{ s} = 3{,}75 \text{ min} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 3 \text{ min } 45 \text{ s}}$$

P.70 a)

	m (g)	c (cal/g · °C)	θ_i (°C)	θ_f (°C)	$\Delta\theta$ (°C)
Água	2,0	1,0	15	θ	$\theta - 15$
Anel	4,0	0,03	100	θ	$\theta - 100$

$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot (\theta - 15) + m_2 \cdot c_2 \cdot (\theta - 100) = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot (\theta - 15) + 4{,}0 \cdot 0{,}03 \cdot (\theta - 100) = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \theta - 15 - 6 + 0{,}06\theta = 0 \Rightarrow 1{,}06\theta = 21 \Rightarrow \boxed{\theta \simeq 20 \text{ °C}}$$

b)

	m (g)	c (cal/g · °C)	θ_i (°C)	θ_f (°C)	$\Delta\theta$ (°C)
Água	2,0	1,0	15	22	7
Anel	4,0	c	100	22	− 78

$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m_1 \cdot c_1 \cdot \Delta\theta_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot \Delta\theta_2 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 7 = 4{,}0 \cdot c \cdot 78 \Rightarrow$

$$\Rightarrow 7 = 2 \cdot c \cdot 78 \Rightarrow 7 = 156c \Rightarrow \boxed{c \simeq 0{,}045 \text{ cal/g °C}}$$

c) Analisando o gráfico, verifica-se que o anel tem **75% de ouro**, o que corresponde, segundo a tabela, a **18 quilates**.

P.71 Dispondo os dados em uma tabela, temos:

	m	c (cal/g · °C)	θ_i	θ_f	$\Delta\theta$
Água	98 g	1,0	0 °C	θ	θ
1º cubo	8,0 g	0,25	400 °C	θ	$\theta - 400$
2º cubo	10 g	0,20	100 °C	50 °C	−50 °C

$Q_A + Q_1 + Q_2 = 0$

$m_A \cdot c_A \cdot \theta + m_1 \cdot c_1 \cdot (\theta - 400) + m_2 \cdot c_2 \cdot (-50) = 0$

$98 \cdot 1{,}0 \cdot \theta + 8{,}0 \cdot 0{,}25 \cdot (\theta - 400) + 10 \cdot 0{,}20 \cdot (-50) = 0$

$98\theta + 2\theta - 800 - 100 = 0$

$100\theta = 900$

$\boxed{\theta = 9\ °C}$

P.72 a) O procedimento da mãe baseia-se no **princípio da conservação da energia**: "A energia térmica perdida pela água fervente é igual em módulo à energia térmica recebida pela água à temperatura ambiente".

b) Dados: $V_1 = 10\ \ell$; $\theta_1 = 32\ °C$; $V_2 = ?$; $\theta_2 = 100\ °C$; $\theta = 38\ °C$

Seja d a densidade da água e c o seu calor específico.

Quantidade de calor recebida pela água na banheira:

$Q_1 = d \cdot V_1 \cdot c \cdot (\theta - \theta_1) \Rightarrow Q_1 = d \cdot 10 \cdot c \cdot (38 - 32) \Rightarrow Q_1 = 60dc$

Quantidade de calor cedida pela água fervente:

$Q_2 = d \cdot V_2 \cdot c \cdot (\theta - \theta_2) \Rightarrow Q_2 = d \cdot V_2 \cdot c \cdot (38 - 100) \Rightarrow Q_2 = -62dcV_2$

De acordo com o princípio geral das trocas de calor:

$Q_1 + Q_2 = 0$

$Q_1 = -Q_2$

$60dc = 62dcV_2$

$V_2 = \frac{60}{62}$

$\boxed{V_2 \simeq 0{,}97\ \ell}$

P.73 **1ª experiência**

Objeto:

$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta_1 \Rightarrow Q_1 = m \cdot c \cdot (31 - \theta)$

Água:

$Q_2 = m_A \cdot c_A \cdot \Delta\theta_2 \Rightarrow Q_2 = 100 \cdot c_A \cdot (31 - 20) \Rightarrow Q_2 = 1.100c_A$

$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow Q_2 = -Q_1 \Rightarrow 1.100c_A = mc \cdot (\theta - 31)$ ①

2ª experiência

Objetos: $Q_1 = 2m \cdot c \cdot \Delta\theta_1 \Rightarrow Q_1 = 2mc \cdot (40 - \theta)$

Água: $Q_2 = m_A \cdot c_A \cdot \Delta\theta_2 \Rightarrow Q_2 = 100 \cdot c_A \cdot (40 - 20) \Rightarrow Q_2 = 2.000c_A$

$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow Q_2 = -Q_1 \Rightarrow 2.000c_A = 2mc \cdot (\theta - 40) \Rightarrow 1.000c_A = mc \cdot (\theta - 40)$ ②

Dividindo ① por ②, temos:

$$\frac{1.100c_A}{1.000c_A} = \frac{mc \cdot (\theta - 31)}{mc \cdot (\theta - 40)} \Rightarrow \frac{11}{10} = \frac{\theta - 31}{\theta - 40} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 11\theta - 440 = 10\theta - 310 \Rightarrow \boxed{\theta = 130\ °C}$$

P.74 a)

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
A	m	c_A	60 °C	30 °C	−30 °C
C	$3m$	c_C	20 °C	30 °C	10 °C

$Q_A = m \cdot c_A \cdot \Delta\theta_A \Rightarrow Q_A = m \cdot c_A \cdot (-30)$

$Q_C = 3m \cdot c_C \cdot \Delta\theta_C \Rightarrow Q_C = 3m \cdot c_C \cdot 10$

$Q_A + Q_C = 0 \Rightarrow Q_C = -Q_A \Rightarrow 3m \cdot c_C \cdot 10 = m \cdot c_A \cdot 30 \Rightarrow c_C = c_A$

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
B	$2m$	c_B	40 °C	25 °C	−15 °C
C	$3m$	c_C	20 °C	25 °C	5 °C

$Q_B = 2m \cdot c_B \cdot \Delta\theta_B \Rightarrow Q_B = 2mc_B \cdot (-15)$

$Q_C = 3m \cdot c_C \cdot \Delta\theta_C \Rightarrow Q_C = 3mc_C \cdot 5$

$Q_B + Q_C = 0 \Rightarrow Q_C = -Q_B \Rightarrow 3mc_C \cdot 5 = 2mc_B \cdot 15 \Rightarrow c_B = \dfrac{c_C}{2}$

	m	c	θ_0	θ	$\Delta\theta$
A	m	c_A	60 °C	x	$x - 60$
B	$2m$	c_B	40 °C	x	$x - 40$

$Q_A = m \cdot c_A \cdot \Delta\theta_A \Rightarrow Q_A = mc_A \cdot (x - 60)$

$Q_B = 2m \cdot c_B \cdot \Delta\theta_B$

Nessa última equação, $c_B = \dfrac{c_C}{2}$. Mas: $c_C = c_A$; logo:

$Q_B = 2m \cdot \dfrac{c_A}{2} \cdot (x - 40) \Rightarrow Q_B = mc_A \cdot (x - 40)$

$Q_A + Q_B = 0 \Rightarrow Q_A = -Q_B \Rightarrow$

$\Rightarrow mc_A \cdot (x - 60) = mc_A \cdot (40 - x) \Rightarrow x - 60 = 40 - x \Rightarrow \boxed{x = 50\ °C}$

b) $c_C = 0{,}5\ \text{cal/g} \cdot °C \Rightarrow c_B = \dfrac{c_C}{2} = \dfrac{0{,}5}{2} \Rightarrow \boxed{c_B = 0{,}25\ \text{cal/g} \cdot °C}$

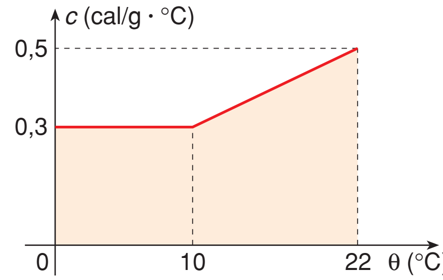
P.75 A área do gráfico equivale numericamente à relação $\frac{Q}{m}$. Então:

$$\frac{Q}{m} = 0{,}3 \cdot 10 + \left(\frac{0{,}5 + 0{,}3}{2}\right) \cdot 12 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{m} = 3 + 4{,}8 \Rightarrow \frac{Q}{m} = 7{,}8$$

Como $m = 60$ g, temos:

$$\frac{Q}{60} = 7{,}8 \Rightarrow \boxed{Q = 468 \text{ cal}}$$



P.76 a) No gráfico, a área equivale numericamente à relação $\frac{Q}{m}$. Assim:

$$A_1 \overset{N}{=} \frac{0{,}27 + 0{,}22}{2} \cdot 20 = 4{,}9 \text{ (área do trapézio)}$$

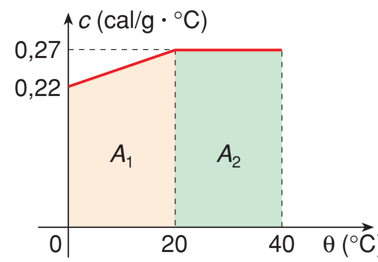
e

$$A_2 \overset{N}{=} 0{,}27 \cdot 20 = 5{,}4 \text{ (área do retângulo)}$$

$$A_1 + A_2 \overset{N}{=} \frac{Q}{m}$$

$$\frac{Q}{m} = 4{,}9 + 5{,}4 \Rightarrow \frac{Q}{m} = 10{,}3 \text{ cal/g} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{Q}{150 \text{ g}} = 10{,}3 \text{ cal/g} \Rightarrow \boxed{Q = 1.545 \text{ cal}}$$



b) O calor específico médio da substância, no intervalo de 0 °C a 40 °C, é dado por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow 1.545 = 150 \cdot c \cdot 40 \Rightarrow \boxed{c \simeq 0{,}26 \text{ cal/g} \cdot °\text{C}}$$

P.77 a) A energia potencial gravitacional ($E_p = mgh$) se converte integralmente em calor ($Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$). O calor específico da água vale:

$c = 1$ cal/g · °C $= 1 \cdot 4{,}18$ J/10^{-3} · kg · °C $= 4.180$ J/kg · °C

Igualando as quantidades de energia, temos:

$$Q = E_p \Rightarrow m \cdot c \cdot \Delta\theta = mgh \Rightarrow h = \frac{c \cdot \Delta\theta}{g}$$

Para $\Delta\theta = 1$ °C:

$$h = \frac{4.180 \cdot 1}{10} \Rightarrow \boxed{h = 418 \text{ m}}$$

b) Como se percebe pela resolução do item **a**, a altura da queda não depende da massa m de água que cai. Então, para $m = 100$ g, a altura de queda é a mesma, ou seja, $h = 418$ m.

P.78 O trabalho da força $F = 15$ N no percurso $d = 10$ m, vale:

$$\tau = F \cdot d \Rightarrow \tau = 15 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{\tau = 150 \text{ J}}$$

Aplicando o teorema da energia cinética, temos:

$$\tau = E_{c(f)} - E_{c(i)} \Rightarrow E_{c(f)} = \tau + E_{c(i)}$$

A energia cinética final se converte em calor (50%) e, deste calor, 75% são absorvidos pela bola. Então:

$$Q = 0{,}50 \cdot 0{,}75 \cdot E_{c(f)} \Rightarrow Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \cdot E_{c(f)} \Rightarrow Q = \frac{3}{8} E_{c(f)} \quad ①$$

A energia cinética final vale:

$$E_{c(f)} = \tau + E_{c(i)} = \tau + \frac{mv_i^2}{2} \Rightarrow E_{c(f)} = 150 + \frac{m \cdot (20)^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_{c(f)} = 150 + \frac{m \cdot 400}{2} \Rightarrow E_{c(f)} = 150 + 200m$$

A quantidade de calor recebida pela bola é dada por: $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

Temos: $c = 0{,}2$ J/g · °C $= 200$ J/kg · °C; $\Delta\theta = 6$ °C. Então:

$$Q = m \cdot 200 \cdot 6 \Rightarrow Q = 1.200m$$

Substituindo Q por $1.200m$ em ①, temos:

$$1.200m = \frac{3}{8} \cdot (150 + 200m) \Rightarrow 9.600m = 450 + 600m \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 9.600m - 600m = 450 \Rightarrow 9.000m = 450 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m = \frac{450}{9.000} \Rightarrow m = 0{,}05 \text{ kg} \Rightarrow \boxed{m = 50 \text{ g}}$$

P.79 Energia potencial gravitacional do bloco:

$$E_p = Mgh \Rightarrow E_p = 10 \cdot 10 \cdot 4{,}2 \Rightarrow E_p = 420 \text{ J}$$

Calor recebido pela água ($c = 1$ cal/g °C $= 4.200$ J/kg °C):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 1 \cdot 4.200 \cdot \Delta\theta \Rightarrow Q = 4.200 \cdot \Delta\theta$$

Sendo $Q = E_p$, temos:

$$4.200 \cdot \Delta\theta = 420 \Rightarrow \boxed{\Delta\theta = 0{,}1 \text{ °C}}$$

P.80 Líquido: $m = 1$ kg; $c = 3$ J/kg · °C; $\Delta\theta = 3$ °C

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 1 \cdot 3 \cdot 3 \Rightarrow Q = 9 \text{ J}$$

Essa quantidade de calor é igual à energia cinética inicial do projétil ($m_p = 2 \cdot 10^{-2}$ kg):

$$E_c = Q = 9 \text{ J}$$

Mas: $E_c = \dfrac{m_p v^2}{2}$. Logo:

$$9 = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 9 \cdot 10^2 \Rightarrow \boxed{v = 30 \text{ m/s}}$$

P.81 a) Dados: $m = 2{,}0$ kg; $v = 20$ m/s; $h = 2{,}0$ m; $g = 10$ m/s^2; $\Delta\theta = 1$ °C

Energia cinética inicial do corpo (em *A*):

$$E_c = \frac{mv^2}{2} = \frac{2{,}0 \cdot 400}{2} \Rightarrow E_c = 400 \text{ J}$$

Energia potencial do corpo ao atingir *B*, em relação ao plano horizontal:

$E_p = mgh = 2{,}0 \cdot 10 \cdot 2{,}0 \Rightarrow E_p = 40$ J

A diferença entre a energia cinética do corpo em *A* e a energia potencial em *B* equivale à quantidade de calor dissipada:

$Q_d = E_c - E_p = 400 - 40 \Rightarrow Q_d = 360$ J

Aplicando a fórmula $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$, vem:

$$360 = 2{,}0 \cdot c \cdot 1 \Rightarrow \boxed{c = 180 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}}$$

b) Se não houvesse dissipação, o corpo alcançaria uma altura máxima superior a 2,0 m, pois a energia potencial no ponto mais alto da trajetória seria igual à energia cinética do corpo em *A*. Chamando essa altura máxima de *H*, teremos:

$$E_p' = E_c \Rightarrow mgH = E_c \Rightarrow 2{,}0 \cdot 10H = 400 \Rightarrow \boxed{H = 20 \text{ m}}$$

P.82 a) Dados: $m = 5.000$ g; $c = 0{,}031$ cal/g · °C; $\Delta\theta = (30 - 20)$ °C $= 10$ °C

Calor recebido pelo chumbo em 50 golpes:

$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 5.000 \cdot 0{,}031 \cdot 10 \Rightarrow Q = 1.550$ cal

Essa energia corresponde a 80% (ou 0,8) da energia total dissipada:

$Q = 0{,}8 \cdot E_T \Rightarrow 1.550 = 0{,}8 \cdot E_T \Rightarrow E_T = 1.937{,}5$ cal

Em cada golpe, a energia dissipada vale:

$$E = \frac{E_T}{50} = \frac{1.937{,}5}{50} \Rightarrow E = 38{,}75 \text{ cal}$$

Como 1 cal = 4,18 J, temos:

$E = 38{,}75 \cdot 4{,}18 \Rightarrow E \simeq 162$ J

Para dissipar essa energia, o martelo ($M = 2$ kg) deve cair de uma altura *H* equivalente. Sendo $g = 10$ m/s^2, vem:

$$E = MgH \Rightarrow 162 \simeq 2 \cdot 10 \cdot H \Rightarrow \boxed{H \simeq 8{,}1 \text{ m}}$$

b) Pela equação de Torricelli:

$$v = \sqrt{2gH} \Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 8{,}1} \Rightarrow v = \sqrt{162} \Rightarrow \boxed{v \simeq 12{,}7 \text{ m/s}}$$