Lista de Exercícios T1

Termodinâmica: temperatura e calor

T1.1 Uma barra retilínea é formada por uma parte de latão soldada em outra de aço. A $20\ ^\circ\mathrm{C}$, o comprimento total da barra é de $30\ \mathrm{cm}$, dos quais $20\ \mathrm{cm}$ de latão e $10\ \mathrm{cm}$ de aço. Os coeficientes de dilatação linear são $1{,}9{\times}10^{-5}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$ para o latão e $1{,}1{\times}10^{-5}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$ para o aço. Qual é o coeficiente de dilatação linear da barra?

R.: $\alpha = 1{,}63{\times}10^{-5}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$

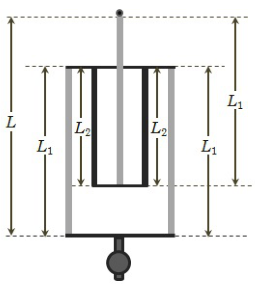
T1.2 Num relógio de pêndulo, o pêndulo é uma barra metálica, projetada para que seu período de oscilação seja igual a $1{,}00\ \mathrm{s}$. Verifica-se que, no inverno, quando a temperatura média é de $10\ ^\circ\mathrm{C}$, o relógio adianta, em média, $55\ \mathrm{s}$ por semana. No verão, quando a temperatura média é de $30\ ^\circ\mathrm{C}$, o relógio atrasa, em média, 1 minuto por semana. Encontre:

a) O coeficiente de dilatação linear do metal do pêndulo;

b) A temperatura na qual o relógio funciona com precisão.

R.: (a) $\alpha = 1{,}90{\times}10^{-5}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$; (b) $t = 19{,}6\ ^\circ\mathrm{C}$

T1.3 A figura abaixo mostra um esquema possível de construção de um pêndulo cujo comprimento L nao seja afetado pela dilatação térmica. As três barras cinzas verticais, cada uma com comprimento L_1, são feitas de aço, cujo coeficiente de dilatação térmica linear é $1{,}1{\times}10^{-5}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$. As duas barras pretas verticais, de comprimento L_2, são feitas de alumínio, cujo coeficiente de dilatação térmica linear é $2{,}3{\times}10^{-5}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$. Determine L_1 e L_2 de modo a manter $L = 0{,}50\ \mathrm{m}$.



R.: $L_1 = 47{,}9\ \mathrm{cm}$ e $L_2 = 45{,}8\ \mathrm{cm}$

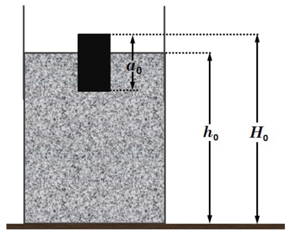
T1.4 Um tubo cilíndrico delgado de seção uniforme, feito de um material de coeficiente de dilatação linear α, contém um líquido de coeficiente de dilatação volumétric β. À temperatura t_0, a altura da coluna líquida é h_0.

a) Qual é a variação Δh da altura da coluna quando a temperatura sobe de $1\ ^\circ\mathrm{C}$?

b) Se o tubo é de vidro ($\alpha = 9{\times}10^{-6}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$) e o líquido é mercúrio ($\beta = 1{,}8{\times}10^{-4}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$), mostre que este sistema não constitui um bom termômetro do ponto de vista prático, calculando Δh para $h_0 = 10\ \mathrm{cm}$.

R.: (a) $\Delta h = h_0(\beta - 2\alpha)$ (b) $\Delta h = 0{,}016\ \mathrm{mm}$.

T1.5 Um reservatório cilíndrico de aço contém mercúrio, sobre o qual flutua um bloco cilíndrico de latão. À temperatura de $20\ ^\circ\mathrm{C}$, o nível do mercúrio no reservatório está a uma altura $h_0 = 0{,}5\ \mathrm{m}$ em relação ao fundo e a altura a_0 do cilindro de latão é de $0{,}3\ \mathrm{m}$. A essa temperatura, a densidade do latão é $8{,}60\ \mathrm{g/cm^3}$ e a densidade do mercúrio é $13{,}55\ \mathrm{g/cm^3}$.



a) Ache a que altura H_0 está o topo do bloco de latão em relação ao fundo do reservatório a $20\ ^\circ\mathrm{C}$ (figura);

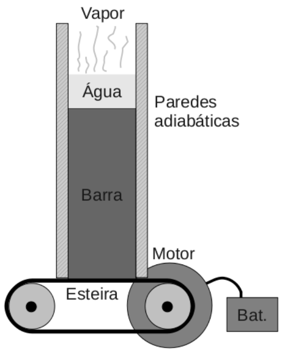
b) Calcule a variação δH da altura H_0 (em mm) quando a temperatura sobe para $80\ ^\circ\mathrm{C}$.
Dados: os coeficientes de dilatação linear do aço, $1{,}1{\times}10^{-5}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$, e do latão, $1{,}9{\times}10^{-5}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$ e o coeficiente de dilatação volumétric do mercúrio, $1{,}8{\times}10^{-4}\ ^\circ\mathrm{C}^{-1}$.

R.: (a) $H_0 = 61\ \mathrm{cm}$ (b) $\delta H = 3{,}5\ \mathrm{mm}$

T1.6 Um técnico de laboratório coloca em um calorímetro uma amostra com $85\ \mathrm{g}$ de um material desconhecido, a uma temperatura de $100\ ^\circ\mathrm{C}$. O recipiente do calorímetro, inicialmente a $19\ ^\circ\mathrm{C}$, é feito com $0{,}150\ \mathrm{kg}$ de cobre e contém $0{,}200\ \mathrm{kg}$ de água. A temperatura final do calorímetro é igual a $26{,}1\ ^\circ\mathrm{C}$. Calcule o calor específico da amostra.
Dado: calor específico do cobre: $0{,}39\ \mathrm{J/(g\cdot{}^\circ C)}$

R.: $c_{\text{amostra}} = 1{,}01\ \mathrm{J/(g\cdot{}^\circ C)}$

T1.7 A figura representa um sistema consistindo de uma esteira rolante, impulsionada por um motor alimentado por uma bateria, e uma barra de metal, cuja face inferior é aquecida por atrito em contato com a esteira, e a face superior é resfriada em contato com certa quantidade de água (algumas dezenas de litros). A barra é envolta lateralmente por paredes adiabáticas que servem também para conter a água. O sistema está imerso na atmosfera, à pressão próxima de $1\ \mathrm{atm}$ ($\approx 10^5\ \mathrm{Pa}$). Estando o motor ligado por um tempo suficiente, o sistema atinge uma situação aproximadamente estacionária em que a água permanece em ebulição (enquanto ainda há água em estado líquido).



Considere $1\ \mathrm{cal} = 4{,}2\ \mathrm{J}$.

a) Sendo a velocidade linear da esteira igual a $4{,}2\ \mathrm{m/s}$ e a força de atrito entre a esteira e a barra de $10\ \mathrm{N}$, determine a potência P_{mec} (em watts) fornecida pelo motor à esteira para manter a velocidade constante.

b) Sendo a capacidade térmica e a condutividade térmica da esteira desprezíveis, determine a quantidade de calor que flui pela barra por unidade de tempo (em $\mathrm{cal/s}$).
Que considerações você fez para obter a resposta?

c) Sendo a condutividade térmica da barra $\kappa = 10\ \mathrm{cal/(s \cdot m \cdot {}^\circ C)}$, determine a temperatura da extremidade inferior. Esboce um gráfico da temperatura da barra em função da altura a partir da base.
Dados: comprimento da barra: $10\ \mathrm{cm}$; área da seção transversal da barra $5\ \mathrm{cm}^2$.

d) Determine o tempo em que $1\ \mathrm{g}$ de água é vaporizada.
Dado: calor latente de vaporização da água a $1\ \mathrm{atm}$ $L_{\mathrm{v}} = 540\ \mathrm{cal/g}$.

e) Se o movimento da esteira é subitamente interrompido, que quantidade de calor será transferida da barra para a água deste instante até que se estabeleça o equilíbrio térmico?
Dado: calor específico da barra $c = 0{,}05\ \mathrm{cal/(g \cdot {}^\circ C)}$, densidade $\rho = 4\ \mathrm{g/cm^3}$.

R.: (c) $t_A = 300\ {}^\circ\mathrm{C}$ (e) $1\ \mathrm{kcal}$.

T1.8 Uma chaleira de alumínio, contendo água em ebulição a $100\ {}^\circ\mathrm{C}$, está sobre uma chama. O raio do fundo da chaleira é de $7{,}5\ \mathrm{cm}$ e sua espessura é de $2\ \mathrm{mm}$. A condutividade térmica do alumínio é $2{,}05\ \mathrm{W/(cm \cdot {}^\circ C)}$. A chaleira vaporiza 1 litro de água em 5 minutos. O calor de vaporização da água, a $100\ {}^\circ\mathrm{C}$, é de $2{,}26\ \mathrm{kJ/g}$. A que temperatura está o fundo da chaleira? Despreze as perdas pelas superfícies laterais.

R.: $t = 104{,}2\ {}^\circ\mathrm{C}$

T1.9 Num país frio, a temperatura sobre a superfície de um lago caiu a $-10\ {}^\circ\mathrm{C}$ e começa a formar-se uma camada de gelo sobre o lago. A água sob o gelo permanece a $0\ {}^\circ\mathrm{C}$: o gelo flutua sobre ela e a camada de espessura crescente em formação serve como isolante térmico, levando ao crescimento gradual de novas camadas de cima para baixo.

a) Exprima a espessura ℓ da camada de gelo formada, decorrido um tempo t do início do processo de congelamento, como função da condutividade térmica κ do gelo, da sua densidade ρ_{gelo} e calor latente de fusão L_{f}, bem como da diferença de temperatura ΔT entre a água e a atmosfera acima do lago.
Sugestão: Considere a agregação de uma camada de espessura $\mathrm{d}x$ à camada já existente, de espessura x, e integre em relação a x.

b) No exemplo acima, calcule a espessura da camada de gelo $1\ \mathrm{h}$ após iniciar-se o congelamento.
Dados: $\kappa = 17\ \mathrm{mW/(cm \cdot {}^\circ C)}$, $\rho_{\mathrm{gelo}} = 0{,}92\ \mathrm{g/cm^3}$ e $L_{\mathrm{f}} = 334\ \mathrm{J/g}$.

R.: (a) $\ell = \sqrt{\frac{2\kappa\Delta T}{\rho_{\mathrm{gelo}} L_{\mathrm{f}}} t}$ (b) $\ell = 1{,}98\ \mathrm{cm}$

T1.10 Uma caixa de isopor, com superfície total $A = 1\ \mathrm{m}^2$ (incluindo a tampa) e paredes com espessura $e = 2\ \mathrm{cm}$, contém gelo e latas de cerveja em seu interior. A caixa de isopor pertence a um grupo de estudantes de física passando férias no Rio de Janeiro, na praia de Copacabana, sob um calor de $40\ {}^\circ\mathrm{C}$. Sendo a condutividade térmica do isopor $\kappa = 8\ \mathrm{mW/(m \cdot {}^\circ C)}$, determine a massa de gelo dentro da caixa de isopor que derrete a cada hora.

R.: $180\ \mathrm{g}$.

T1.11 Quando estava pintando o topo de uma antena a uma altura de $225\ \mathrm{m}$, um trabalhador deixa cair acidentalmente uma garrafa com $1{,}00\ \mathrm{L}$ de água da sua mochila. A garrafa é amortecida por arbustos e atinge o solo sem se quebrar. Supondo que a água absorva uma quantidade de calor igual ao módulo da variação da energia potencial, qual é o aumento de temperatura da água?

R.: $0{,}53\ {}^\circ\mathrm{C}$.

T1.12 Uma nave espacial feita de alumínio descreve uma trajetória circular em torno da Terra com uma velocidade de $7{,}7\ \mathrm{km/s}$.

a) Determine a razão entre sua energia cinética e a energia necessária para elevar sua temperatura de $0\ {}^\circ\mathrm{C}$ até $600\ {}^\circ\mathrm{C}$. (O ponto de fusão do alumínio é $660\ {}^\circ\mathrm{C}$. Suponha que o calor específico seja constante e igual a $910\ \mathrm{J/(kg \cdot K)}$.

b) Com base na sua resposta, discuta o que ocorre quando uma nave espacial tripulada reentra na atmosfera terrestre.

R.: (a) 54.

R.: $\dfrac{T}{T_{\mathrm{tr}}} = \dfrac{P}{P_{\mathrm{tr}}} \Rightarrow \dfrac{T}{T_0} = \dfrac{P}{P_0}$

a) $P_{\mathrm{g}}/P_{\mathrm{v}} = 0{,}3990/0{,}5451 = 0{,}7320$
$T_{\mathrm{g}}/T_{\mathrm{v}} = 273{,}15/373{,}15 = 0{,}7320$

b) $P = 0{,}100\ \mathrm{atm} \Rightarrow T{=}68{,}5\ \mathrm{K}{=}{-}204{,}7\ {}^\circ\mathrm{C}$

c) $T = 90{,}18\ \mathrm{K} \Rightarrow P{=}0{,}1317\ \mathrm{atm}$

T1.13 Uma barra de alumínio foi medida com uma trena de aço calibrada a $20\ {}^\circ\mathrm{C}$. Nesta mesma temperatura o comprimento medido para a barra foi $6{,}104\ \mathrm{m}$. Calcular a leitura da trena para o comprimento da barra se a medição for feita a $75\ {}^\circ\mathrm{C}$.
Dados: $\alpha_{\mathrm{Al}} = 2{,}30{\times}10^{-5}\ \mathrm{K}^{-1}$, $\alpha_{\mathrm{aço}} = 1{,}10{\times}10^{-5}\ \mathrm{K}^{-1}$.

R.: 6,108 $mu_{20} = 1{,}0000\ \mathrm{m}$: $L_{20} = \ell_{20} u_{20} = 6{,}104\ \mathrm{m}$
$\Delta t = 55\ {}^\circ\mathrm{C}$
$L_{75} = L_{20}(1 + \alpha_{\mathrm{Al}}\Delta t)$, $u_{75} = u_{20}(1 + \alpha_{\mathrm{aço}}\Delta t)$:
$\boxed{\ell_{75} = L_{75}/u_{75} = 6{,}108.}$
Corrigindo:
$L_{75} = \ell_{75} u_{75} = \ell_{75} u_{20}(1 + \alpha_{\mathrm{aço}}\Delta t) = 6{,}112\ \mathrm{m}$.

T1.14 O tanque de gasolina de um automóvel, feito de aço, tem capacidade de $60{,}0\ \mathrm{L}$ a $10{,}0\ {}^\circ\mathrm{C}$. Se o tanque estiver cheio a $10{,}0\ {}^\circ\mathrm{C}$, quanta gasolina transbordará quando o carro estiver estacionado ao sol e a temperatura for de $35{,}0\ {}^\circ\mathrm{C}$.
Dados $\beta_{\mathrm{gas}} = 0{,}900{\times}10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$, $\alpha_{\mathrm{aço}} = 1{,}10{\times}10^{-5}\ \mathrm{K}^{-1}$.

R.: 1,30 LA $t = 35\ °\mathrm{C}$, $\Delta t = 25\ °\mathrm{C}$: $V_{\mathrm{gas}} = V_{10}(1 + \beta_{\mathrm{gas}}\Delta t)$
$V_{\mathrm{tanque}} = V_{10}(1 + 3\alpha_{\mathrm{aço}}\Delta t)$
$\boxed{V_{\mathrm{gas}} - \mathrm{V}_{\mathrm{tanque}} = 1{,}30\ \mathrm{L}}$ a 35 °C,
que corresponde a 1,27 L a 10 °C.

R.: (a) 1,68 cm (b) 2,88 cm

a) $\Delta L_{15}{=}L_{15}\alpha_{\mathrm{conc}}\Delta t$; L_{15}=40,0 m: ΔL_{15}=1,68 cm.

b) Δt=25 °C: $\Delta L_{-10}{=}\Delta L_{15}{+}L_{15}\alpha_{\mathrm{conc}}\Delta t$=2,88 cm.

R.: (b) 0,551%

a) $V = L_1L_2L_3$,
$(i = 1{,}2{,}3) : \Delta L_i = L_i\alpha\Delta T$; $\frac{\Delta L_i}{L_i} = \alpha\Delta t = \epsilon$
$\Delta V = V\left[(1+\epsilon)^3 - 1\right] = V\left[3\epsilon + \left(3\epsilon^2 + \epsilon^3\right)\right]$.
$\Delta V = V\beta\Delta t + \delta V$, $\delta V = V\left(3\epsilon^2 + \epsilon^3\right)$.

b) $\epsilon = \alpha\Delta t = 5{,}50{\times}10^{-3}$,
$$\frac{\delta V}{\Delta V} = \frac{3\epsilon^2 + \epsilon^3}{3\epsilon + 3\epsilon^2 + \epsilon^3} = \epsilon\frac{1 + \epsilon/3}{1 + \epsilon + \epsilon^2/3} = 0{,}551\%.$$

T1.15 Um termômetro de mercúrio de pyrex tem um bulbo com um volume de 0,150 cm^3 e um tubo capilar. Calcular o diâmetro do capilar para que a sensibilidade da coluna de Hg seja 2,30 mm/°C.
Dados: α_{pyrex}=3,2×10^{-6} K^{-1}, β_{Hg}=1,81×10^{-4} K^{-1}.

R.: 0,119 mm$V_{\mathrm{Hg}} = V_{\mathrm{bulbo}} + \dfrac{\pi d^2}{4}h$
$$\Delta V_{\mathrm{Hg}} = \Delta V_{\mathrm{bulbo}} + \frac{\pi dh}{2}\Delta d + \frac{\pi d^2}{4}\Delta h$$
$$\frac{\pi d^2}{4}\frac{\Delta h}{\Delta t} = V_{\mathrm{Hg}}\beta_{\mathrm{Hg}} - V_{\mathrm{bulbo}}3\alpha_{\mathrm{pyrex}} - \frac{\pi d^2 h}{2}\alpha_{\mathrm{pirex}}$$
$$\frac{\pi d^2}{4}\frac{\Delta h}{\Delta t} = V_{\mathrm{bulbo}}\left(\beta_{\mathrm{Hg}} - 3\alpha_{\mathrm{pyrex}}\right) - \frac{\pi d^2 h}{4}\left(\beta_{\mathrm{Hg}} - 2\alpha_{\mathrm{pirex}}\right)$$
$$d^2 = \frac{4V_{\mathrm{bulbo}}\left(\beta_{\mathrm{Hg}} - 3\alpha_{\mathrm{pyrex}}\right)}{\pi\frac{\Delta h}{\Delta t}\left[1 - h/\left(\frac{(\Delta h/\Delta t)}{\beta_{\mathrm{Hg}} - 2\alpha_{\mathrm{pyrex}}}\right)\right]} \Rightarrow d \approx 0{,}119\ \mathrm{mm}.$$
Para $h \ll \dfrac{(\Delta h/\Delta t)}{\beta_{\mathrm{Hg}} - 2\alpha_{\mathrm{pyrex}}} = 1{,}32{\times}10^3$ cm.

R.: $L_{\mathrm{Al}} = 0{,}656$ m, $L_{\mathrm{Invar}} = 2{,}156$ m$L = L_{\mathrm{Invar}} - L_{\mathrm{Al}}$
$\Delta L = \Delta L_{\mathrm{Invar}} - \Delta L_{\mathrm{Al}} = \left(\alpha_{\mathrm{Invar}}L_{\mathrm{Invar}} - \alpha_{\mathrm{Al}}L_{\mathrm{Al}}\right)\Delta t = 0$
$L_{\mathrm{Al}} = 0{,}656$ m, $L_{\mathrm{Invar}} = 2{,}156$ m.

R.: $D = 5{,}80$ mmUtilizando a expressão para d^2 no Exercício L1.7, com $V_{\mathrm{bulbo}} = \frac{\pi}{6}D^3$, $\frac{\Delta h}{\Delta t} = 0{,}200$ cm/°C, substituindo α_{pyrex} por α_{vidro} e desprezando a razão $h/()$ no denominador: $D = 5{,}80$ mm.

T1.16 Um pedaço de gelo de 200 g a 0,00 °C é colocado dentro de um recipiente de isopor de capacidade térmica desprezível que contém 500 g de água a 20,0 °C.

a) Determinar a temperatura final de equilíbrio.

b) Quais são as quantidades finais de gelo e água?

R.: (a) 0,0 °C (b) 74 g de gelo e 626 g de água a 0,0 °C

a) Para derreter 200 g de gelo é necessário: $Q{=}m_{\mathrm{gelo}}L_{\mathrm{f}}$=6,66 kJ. Esta quantidade de calor é liberada por 500 g de água quando ela resfria de $\Delta t{=}Q/m_{\mathrm{água}}c_{\mathrm{água}}$=31,8 °C. Como a água está inicialmente a 20 °C, ela não é capaz de derreter todo o gelo. A temperatura final é, portanto 0,0 °C.

b) O calor liberado pelo resfriamento da água de Δt=20 °C é $Q{=}m_{\mathrm{água}}c_{\mathrm{água}}\Delta t$. A quantidade de gelo derretida é $m{=}Q/L_{\mathrm{f}}$=126 g. Assim, ao final, tem-se 74 g de gelo e 626 g de água a 0,0 °C.

T1.17 O bulbo interno de uma garrafa térmica de aço inox tem massa de 120 g e contém 150 g de água a 20,0 °C. Uma amostra de 200 g do aço a 60,5 °C é colocada dentro da garrafa, que é fechada a seguir. Admitir a garrafa térmica perfeita e o calor específico do aço inox $c_{\mathrm{inox}} = 0{,}460$ J/g K. Calcular a temperatura final da água.

R.: 24,8 °CSejam $t_1 = 20{,}0$ °C a temperatura inicial da água (massa $m_{\mathrm{água}} = 150$ g) e do aço da garrafa (massa $m_1 = 120$ g) e $t_2 = 60{,}5$ °C a temperatura inicial da amostra de aço (massa $m_2 = 200$ g). Sendo t a temperatura final do sistema: $\left(m_1c_{\mathrm{inox}} + m_{\mathrm{água}}c_{\mathrm{água}}\right)(t - t_1) = m_2c_{\mathrm{inox}}(t_2 - t)$: $t = \dfrac{\left(m_1c_{\mathrm{inox}} + m_{\mathrm{água}}c_{\mathrm{água}}\right)t_1 + m_2c_{\mathrm{inox}}t_2}{(m_1 + m_2)\,c_{\mathrm{inox}} + m_{\mathrm{água}}c_{\mathrm{água}}} = 24{,}8$ °C.

T1.18 Um cubo de gelo de 89,0 g a −35,0 °C é colocado num copo de isopor com 150 g de água a 15,0 °C. O copo de isopor é fechado com uma tampa e sua capacidade térmica é desprezível. Determinar a temperatura final de equilíbrio e as quantidades finais de gelo e água.
Dados: $L_{\mathrm{gelo}} = 333$ J/g, $c_{\mathrm{gelo}} = 2{,}05$ cal/(g °C), $c_{\mathrm{água}} = 4{,}19$ cal/(g °C).

R.: 79,9 g de gelo e 159,1 g de água a 0,0 °CO calor necessário para aquecer o gelo até 0,0 °C, $Q_1{=}m_{\mathrm{gelo}}c_{\mathrm{gelo}}\Delta t_{\mathrm{gelo}}$=6,39 kJ é menor do que o calor necessário para esfriar a água a 0,0 °C, $Q_2{=}m_{\mathrm{água}}c_{\mathrm{água}}\Delta t_{\mathrm{água}}$=9,43 kJ. A diferença é suficiente para derreter $m = (Q_2{-}Q_1)/L_{\mathrm{f}}$=9,1 g de gelo. Assim, ao final teremos 79,9 g de gelo e 159,1 g de água à temperatura de 0,0 °C.
Se tivéssemos apenas 50,0 g de água.
O calor necessário para aquecer o gelo até 0,0 °C, $Q_1{=}m_{\mathrm{gelo}}c_{\mathrm{gelo}}\Delta t_{\mathrm{gelo}}$=6,39 kJ seria maior do que o calor necessário para esfriar a água a 0,0 °C, $Q_2{=}m_{\mathrm{água}}c_{\mathrm{água}}\Delta t_{\mathrm{água}}$=3,14 kJ. A diferença é suficiente para congelar $m{=}(Q_1{-}Q_2)/L_{\mathrm{f}}$=9,7 g de água. Assim, ao final teríamos 98,7 g de gelo e 40,3 g de água à temperatura de 0,0 °C.

T1.19 Uma peça de aço de 1,20 kg a 800 °C é colocada num recipiente com 500 g de água a 20,0 °C. O recipiente tem capacidade térmica desprezível. A temperatura final da água é 52,4 °C. Calcular a quantidade de vapor produzida. Dados: $c_{\mathrm{aço}} = 0{,}45$ J/(g°C, (água) $L_{\mathrm{v}} = 2{,}26$ kJ/g.

R.: 136 gAço: t_1=800 °C, m_1=1200 g, $c_{\mathrm{aço}}$=0,107 cal/g.
Água: t_2=20 °C, massa de vapor gerado m_{v}, massa remanescente de líquido m_{l} ($m_{\mathrm{v}}{+}m_{\mathrm{l}}{=}m_{\mathrm{a}}$=500 g). Temperatura final t = 52,4 g.
A quantidade de calor necessária para gerar o vapor é: $Q_{\mathrm{v}} = m_{\mathrm{v}}\left[L_{\mathrm{e}}{+}c_{\mathrm{água}}\left(t_{\mathrm{e}}{-}t_2\right)\right]$, onde L_{v}=539 cal/g é o calor latente de ebulição, $c_{\mathrm{água}}$=1,00 cal/(g°C) o calor específico do líquido e t_{e}=100,0 °C o ponto de ebulição.
Portanto: $m_1c_{\mathrm{aço}}(t_1 - t) = m_{\mathrm{l}}c_{\mathrm{água}}(t - t_2) + Q_{\mathrm{v}}$.
Resolvendo para m_{v}:
$$m_{\mathrm{v}} = \frac{m_1c_{\mathrm{aço}}(t_1 - t) - m_ac_{\mathrm{água}}(t - t_2)}{L_{\mathrm{v}} + c_{\mathrm{água}}(t_{\mathrm{e}} - t)} = 136\ \mathrm{g}.$$

R.: (a) $\beta_{\mathrm{v}} = 2{,}00{\times}10^{-5}/°\mathrm{C}$ (b) 116 kJ$\Delta t = 55{,}0$ °C

a) Dilatação do mercúrio:
$$\Delta V_{\mathrm{Hg}} = V_0\beta_{\mathrm{Hg}}\Delta t = 9{,}90\ \mathrm{cm}^3$$
$$\left(1000\ \mathrm{cm}^3 \times 1{,}80{\times}10^{-4}\ °\mathrm{C}^{-1} \times 55{,}0\ °\mathrm{C} = 9{,}9\ \mathrm{cm}^3\right)$$

Dilatação do frasco:
$$\Delta V_{\mathrm{v}} = \Delta V_{\mathrm{Hg}} - v = 1{,}10\ \mathrm{cm}^3 \qquad \left(\tfrac{1}{9}\Delta V_{\mathrm{Hg}}\right)$$
$$\left(9{,}90\ \mathrm{cm}^3 - 8{,}80\ \mathrm{cm}^3 = 1{,}10\ \mathrm{cm}^3\right)$$

Coeficiente de dilatação do vidro:

$$\boxed{\beta_\mathrm{v} = \frac{1}{V_0}\frac{\Delta V_\mathrm{v}}{\Delta t} = 2{,}00\times 10^{-5}/^\circ\mathrm{C}}$$

$$\left(\frac{1}{1000\ \mathrm{cm}^3}\frac{1{,}10\ \mathrm{cm}^3}{55{,}0\ ^\circ\mathrm{C}} = 2\times 10^{-5}/^\circ\mathrm{C}\right)$$

b) Massa de mercúrio:

$$m_\mathrm{Hg} = \rho_\mathrm{Hg} V_0 = 13{,}6\ \mathrm{kg}$$

$$\left(13{,}6\ \mathrm{g/cm}^3 \times 1000\ \mathrm{cm}^3 = 13.600\ \mathrm{g}\right)$$

Capacidade térmica do sistema:

$$C = m_\mathrm{v} c_\mathrm{v} + m_\mathrm{Hg} c_\mathrm{Hg} = 2{,}10\ \mathrm{kJ}/^\circ\mathrm{C}$$

$$\big[0{,}250\times 10^3\ \mathrm{g} \times 0{,}84\ \mathrm{J/(g\ ^\circ C)} +$$

$$+13{,}6\times 10^3\ \mathrm{g} \times 0{,}139\ \mathrm{J/(g\ ^\circ C)} =$$

$$0{,}21\ \mathrm{kJ}/^\circ\mathrm{C} + 1{,}8904\ \mathrm{kJ}/^\circ\mathrm{C} = \ 2{,}1004\ \mathrm{kJ}/^\circ\mathrm{C}\big]$$

Calor absorvido:

$$\boxed{\Delta Q = C\Delta t = 116\ \mathrm{kJ}}$$

$$(2{,}1004\ \mathrm{kJ}/^\circ\mathrm{C} \times 55{,}0\ ^\circ\mathrm{C} = 115{,}522\ \mathrm{kJ})$$