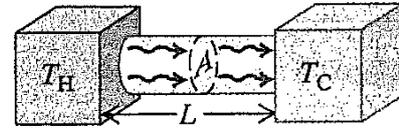


17.65) Suponha que a barra da figura seja feita de cobre, tenha 45,0 cm de comprimento e área da seção reta igual a 1,25 cm². Seja $T_H = 100\text{ °C}$ e $T_C = 0\text{ °C}$. a)

Qual é o gradiente de temperatura no estado estacionário final ao longo da barra? b) Qual é a taxa de transferência de calor na barra no estado estacionário final? c) Qual é a

temperatura final do estado estacionário em um ponto da barra situado a 12,0 cm da extremidade esquerda da barra? Resposta: a) 222 K/m; 222°C/m; b) 10,7

W; c) 73,3°C.



17.66) Uma das extremidades de uma barra metálica isolada é mantida a 100 °C, e a outra extremidade é mantida a 0 °C por uma mistura de gelo e água. A barra tem 60,0 cm de comprimento e uma seção reta com área igual a 1,25 cm². O calor conduzido pela barra produz a fusão de 8,50 g de gelo em 10,0 min. Ache a condutividade térmica k do metal. Resposta: 227 W/mK.

17.67) Um carpinteiro constrói a parede externa de uma casa usando uma camada de madeira com 3,0 cm de espessura e uma camada de isopor com espessura de 2,2 cm na superfície interna da parede. A madeira possui $k = 0,080\text{ W/mK}$ e o isopor possui $k = 0,010\text{ W/mK}$. A temperatura da superfície interna da parede é igual a 19 °C e a temperatura da superfície externa é igual a -10 °C. a)

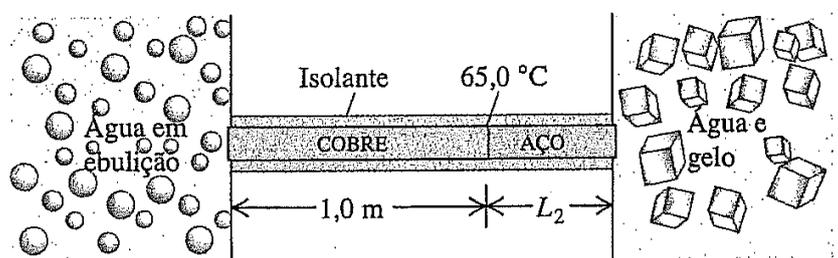
Qual é a temperatura na superfície da junção entre a madeira e o isopor? b) Qual é a taxa de transferência de calor por metro quadrado através da parede? Resposta: a) -5,8°C; b) 11 W/m²

17.68) Um fogão de cozinha elétrico tem paredes com área total igual a 1,40 m² e um isolante com uma camada de fibra de vidro de espessura igual a 4,0 cm. A superfície interna da fibra de vidro possui temperatura igual a 175 °C e a superfície externa está a 35 °C. A condutividade térmica da fibra de vidro é 0,040 W/mK. a) Qual é a taxa de transferência de calor através do isolante, supondo que ele possa ser tratado como uma placa com área total igual a 1,40 m²? b) Que potência elétrica deve ser fornecida ao elemento aquecedor para manter a temperatura necessária? Resposta: 196 W; b) 196 W.

17.69) O teto de uma sala tem uma área de 125 pés quadrados. Ele é isolado com um valor de R igual a 30 (em (ft²·°F·h)/BTU). A superfície na sala é mantida a 69 °F, e no sótão é mantida a 35 °F. Qual é a transferência total de calor do teto até o sótão em 5,0 h? Dê a sua resposta em Btu e em Joules. Resposta: 708 BTU = 7,5x10⁵ J

17.70) Uma das extremidades de uma barra longa, isolada na superfície lateral para impedir a perda de calor para o ambiente, está em contato térmico perfeito com água em ebulição (na pressão atmosférica), e a outra extremidade está em contato com um banho de água e gelo, conforme a figura.

A barra é composta por uma seção de 1,0 m de cobre (com uma extremidade no vapor d'água) e ligada pela outra extremidade a uma seção de aço de comprimento L₂ (com extremidade imersa no banho de gelo). As duas seções da barra possuem uma seção



reta com a mesma área de $4,0 \text{ cm}^2$. A temperatura da junção entre o cobre e o aço é igual a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ depois de ser atingido o estado estacionário. a) Qual é a quantidade de calor por segundo que flui do lado em contato com o vapor para a extremidade imersa no banho de água e gelo? b) Qual é o comprimento L_2 da seção de aço? Resposta: a) $5,39 \text{ J/s}$; b) $0,242 \text{ m}$.

17.71) Uma panela com um fundo de aço de espessura igual a $8,50 \text{ mm}$ está em repouso sobre um fogão quente. A área da base da panela é $0,150 \text{ m}^2$. A água no interior da panela está a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, e são vaporizados $0,390 \text{ kg}$ de água a cada $3,0 \text{ min}$. Calcule a temperatura da superfície inferior da panela que está em contato com o fogão. Resposta: $105,5^\circ\text{C}$.

17.72) Você foi encarregado de projetar uma barra de aço cilíndrica de $50,0 \text{ cm}$ de comprimento, com uma seção reta circular, que conduzirá $150,0 \text{ J/s}$ de um forno a $400 \text{ }^\circ\text{C}$ a um recipiente de água fervente a uma pressão de uma atmosfera. Qual deve ser o diâmetro da barra? Resposta: $80,0 \text{ mm}$.

17.73) Uma janela panorâmica tem dimensões de $1,40 \text{ m} \times 2,50 \text{ m}$ e é feita de vidro com $5,20 \text{ mm}$ de espessura. Em um dia de inverno, a temperatura exterior é $-20 \text{ }^\circ\text{C}$, enquanto a temperatura interior é confortável: $19,5 \text{ }^\circ\text{C}$. a) Qual a taxa de perda de calor por condução pela janela? b) Qual seria a taxa de perda de calor se você cobrisse a janela com uma camada de papel de $0,750 \text{ mm}$ de espessura (condutividade térmica igual a $0,0500$)? Avalie os resultados. Resposta: a) $2,1 \times 10^4 \text{ W}$; b) $6,4 \times 10^3 \text{ W}$; com a cobertura o fluxo diminui para cerca de um terço.

17.74) Qual é a taxa de irradiação da energia por unidade de área de um corpo negro que está a uma temperatura de a) 273 K b) 2730 K ? Resposta: a) 315 W/m^2 ; b) $3,15 \times 10^6 \text{ W/m}^2$.

17.75) Sabendo que a área total do corpo humano é aproximadamente de $1,20 \text{ m}^2$, e que a temperatura da superfície é $30 \text{ }^\circ\text{C}$, (a) calcule a taxa total de transferência de calor do corpo por radiação. (b) Se o meio ambiente está a uma temperatura de $5 \text{ }^\circ\text{C}$, qual é a taxa resultante do calor perdido pelo corpo por radiação? A emissividade do corpo é de cerca de $0,98$, independentemente da pigmentação da pele. Resposta: a) 562 W ; b) 167 W .

17.76) A emissividade do tungstênio é igual a $0,35$. Uma esfera de tungstênio com raio de $1,5 \text{ cm}$ está suspensa no interior de um grande recipiente a vácuo cujas paredes estão a 290 K . Que potência deve ser fornecida à esfera para manter a sua temperatura em 3000 K , desprezando-se a condução de calor ao longo do suporte da esfera? Resposta: $4,54 \times 10^4 \text{ W}$.

17.77) Área do filamento de uma lâmpada de bulbo. A temperatura de operação do filamento de tungstênio de uma lâmpada incandescente é 2450 K e sua emissividade é igual a $0,35$. Calcule a área da superfície do filamento de uma lâmpada de 150 W , supondo que toda energia elétrica consumida pela lâmpada seja convertida em ondas eletromagnéticas pelo filamento. (Somente uma fração do espectro irradiado corresponde à luz visível) Resposta: $2,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$.

Transferência de Calor - Sears

$$17.65) \text{ a) } \text{gradiente de temp} = \frac{T_H - T_C}{L} = \frac{100 - 0}{0,45}$$
$$\text{gradiente de temp} = 222^\circ\text{C/m} = 222\text{K/m}$$

$$\text{b) } H = k \cdot A \cdot \frac{T_H - T_C}{L} \quad ; \quad k = 385 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$H = 385 \times 1,25 \times 10^{-4} \times \frac{100 - 0}{0,45}$$

$$H = 10,7 \text{ W}$$

$$\text{c) } H = k \cdot A \cdot \frac{T_H - T_C}{L}$$

$$10,7 = 385 \times 1,25 \times 10^{-4} \times \frac{100 - T}{0,12}$$

$$\frac{10,7 \times 0,12}{385 \times 1,25 \times 10^{-4}} = 100 - T \Rightarrow 26,7 = 100 - T$$

$$T = 100 - 26,7 \Rightarrow T = 73,3^\circ\text{C}$$

17.66) Calor para derreter o gelo:

$$Q = m \cdot L_f \Rightarrow Q = 8,5 \times 10^{-3} \times 3,34 \times 10^5$$

$$Q = 2,84 \times 10^3 \text{ J}$$

17.66, cont.)

$$10 \text{ min} = 600 \text{ s}$$

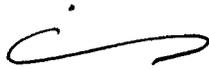
$$P = \frac{Q}{\Delta T} \Rightarrow P = \frac{2,84 \times 10^3}{600} \Rightarrow P = 4,73 \text{ W}$$

$$P = H \Rightarrow H = k \cdot A \cdot \frac{T_H - T_C}{L}$$

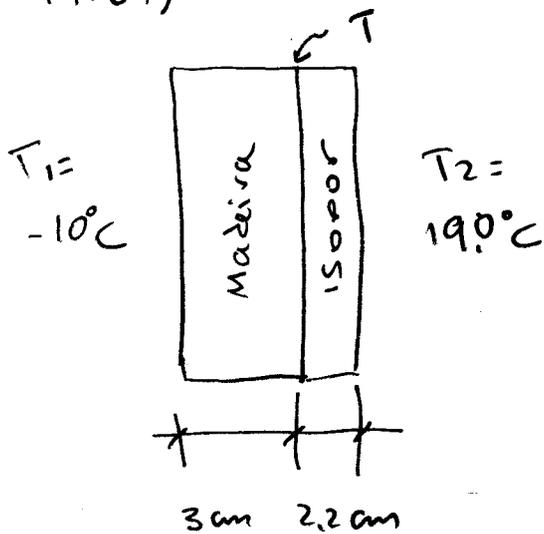
$$4,73 = k \cdot 1,25 \times 10^{-4} \times \frac{100 - 0}{0,6}$$

$$4,73 = 2,08 \times 10^{-2} k$$

$$k = \frac{4,73}{2,08 \times 10^{-2}} \Rightarrow k = 227 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$



17.67)



$$k_M = 0,080 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$k_i = 0,010 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

a) $H_M = H_i$

$$H_M = k_M \cdot A \cdot \frac{T - T_1}{L_M}$$

$$H_i = k_i \cdot A \cdot \frac{T_2 - T}{L_i}$$

17.67, cont.)

$$0,080 \times A \times \frac{T+10}{0,03} = 0,010 \times A \times \frac{19-T}{0,022}$$

$$0,022 \times 0,080 \times (T+10) = 0,03 \times 0,010 (19-T)$$

$$1,76 \times 10^{-3} (T+10) = 3,0 \times 10^{-4} (19-T)$$

$$1,76 \times 10^{-3} T + 1,76 \times 10^{-2} = 5,7 \times 10^{-3} - 3,0 \times 10^{-4} T$$

$$1,76 \times 10^{-3} T + 3,0 \times 10^{-4} T = 5,7 \times 10^{-3} - 1,76 \times 10^{-2}$$

$$2,06 \times 10^{-3} T = -1,19 \times 10^{-2}$$

$$T = 5,8^\circ\text{C}$$

b) $H_m = k_m \cdot A \cdot \frac{T_H - T_c}{L_m}$

$$\frac{H_m}{A} = 0,080 \times \frac{(-5,8 - (-10))}{0,03} = 11 \text{ W/m}^2$$

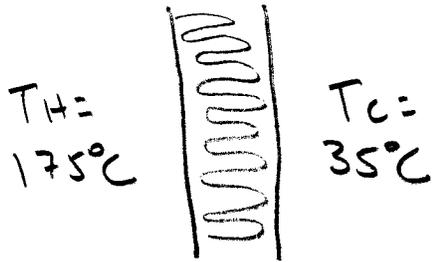
ou

$$H_i = k_i \cdot A \cdot \frac{(T_H - T_c)}{L_i}$$

$$\frac{H_i}{A} = 0,010 \times \frac{19 - (-5,8)}{0,022} = 11 \text{ W/m}^2$$

$$(7.68) \quad A = 1.40 \text{ m}^2$$

$$L_f = 0.04 \text{ m}$$



$$k_f = 0.040 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$H = k_f \cdot A_f \cdot \frac{T_H - T_C}{L_f}$$

$$a) \quad H = 0.040 \times 1.4 \times \frac{175 - 35}{0.04} \Rightarrow H = 196 \text{ W}$$

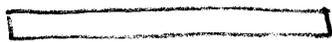
$$b) \quad P = 196 \text{ W}$$



$$(7.69) \quad A = 125 \text{ ft}^2$$

$$R = 30 \frac{\text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h}}{\text{BTU}}$$

Solar 35°F



Sala 69°F

$$(1 \text{ BTU} = 1.06 \times 10^3 \text{ J})$$

$$H = A \frac{T_H - T_C}{R} \Rightarrow H = 125 \frac{69 - 35}{30} = 142 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

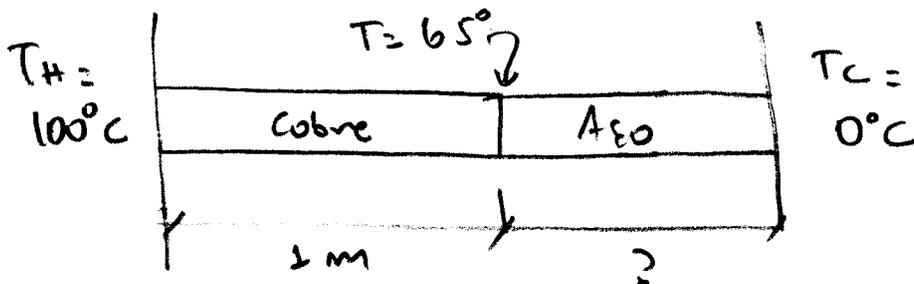
$$[H] = \text{ft}^2 \frac{^\circ\text{F}}{\frac{\text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h}}{\text{BTU}}} = \cancel{\text{ft}^2} \times ^\circ\text{F} \times \frac{\text{BTU}}{\cancel{\text{ft}^2} \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{h}} = \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

$$Q = H \cdot t \Rightarrow Q = 142 \times 5 \Rightarrow Q = 708 \text{ BTU} = 75 \times 10^5 \text{ J}$$

$$17.70) \quad L_{\text{cobre}} = 1.0 \text{ m} \quad L_{\text{aço}} = ?$$

$$A_{\text{cobre}} = A_{\text{aço}} = 4.0 \text{ cm}^2$$

$$T = 65^\circ\text{C}$$



$$H_{\text{cobre}} = k_{\text{cobre}} \cdot A_{\text{cobre}} \cdot \frac{T_H - T_C}{L_{\text{cobre}}}$$

$$a) \quad H_{\text{cobre}} = 385 \times 4.0 \times 10^{-4} \times \frac{100 - 65}{1} = 5.39 \text{ W}$$

$$b) \quad H_{\text{cobre}} = H_{\text{aço}}$$

$$5.39 = k_{\text{aço}} \cdot A_{\text{aço}} \cdot \frac{T_H - T_C}{L_{\text{aço}}}$$

$$5.39 = 50.2 \times 4.0 \times 10^{-4} \times \frac{65 - 0}{L_{\text{aço}}}$$

$$L_{\text{aço}} = \frac{50.2 \times 4.0 \times 10^{-4} \times 65}{5.39}$$

$$L_{\text{aço}} = 0.242 \text{ m}$$

$$17,71) \quad k_{aço} = 50,2 \frac{W}{mK} \quad L_{aço} = 8,50 \times 10^{-3} m$$

$$A = 0,150 m^2$$

$$T_c = 100^\circ C$$

$$T_H = ?$$

$$M_{\acute{a}gua} = 0,390 kg \quad (\text{vaporizada}); \quad \Delta t = 3,0 min$$

Calor p/ vaporizar a \acute{a}gua:

$$Q = M \times L_v \Rightarrow Q = 0,390 \times 2256$$

$$Q = 8,8 \times 10^5 J$$

$$\text{Fluxo de calor} \Rightarrow H = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$H = \frac{8,8 \times 10^5}{3 \times 60} \Rightarrow H = 4,89 \times 10^3 \frac{J}{s}$$

$$H = k \cdot A \cdot \frac{T_H - T_c}{L}$$

$$4,89 \times 10^3 = 50,2 \times 0,150 \times \frac{T_H - 100}{8,5 \times 10^{-3}}$$

$$T - 100 = \frac{4,89 \times 10^3 \times 8,5 \times 10^{-3}}{50,2 \times 0,150}$$

$$T = 106^\circ C$$

$$(7.72) \quad k_{\text{aço}} = 50,2 \quad \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$L = 0,5 \text{ m} \quad d = ?$$

$$H = 150 \frac{\text{J}}{\text{s}}, \quad T_H = 400^\circ\text{C}, \quad T_C = 100^\circ\text{C}$$

$$H = k \cdot A \cdot \frac{T_H - T_C}{L}$$

$$150 = 50,2 \times A \times \frac{400 - 100}{0,5}$$

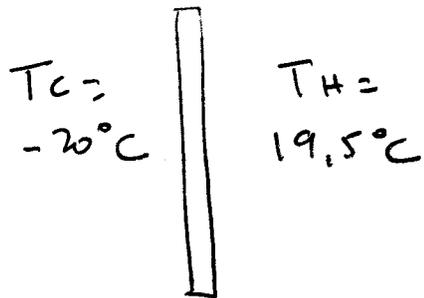
$$A = \frac{150 \times 0,5}{50,2 \times 300} \Rightarrow A = 4,98 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 4,98 \cdot 10^{-3}}{\pi}} \Rightarrow d = 7,96 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$d \approx 80 \text{ mm}$$

17.73) Janela: $1,40 \times 2,5$ m ; $k_v = 0,8 \frac{W}{mk}$



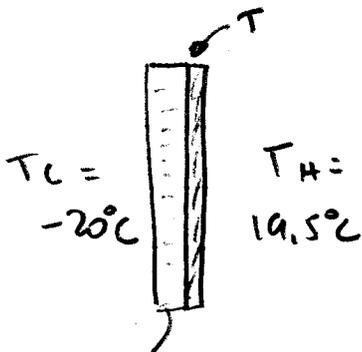
$$L_{vidro} = 5,20 \text{ mm}$$

$$A = 1,4 \times 2,5 \Rightarrow A = 3,5 \text{ m}^2$$

a) $H_{vidro} = k A \frac{T_h - T_c}{L} \Rightarrow H_v = 0,8 \times 3,5 \times \frac{19,5 + 20}{5,2 \times 10^{-3}}$

$$H_v = 2,13 \times 10^4 \text{ W}$$

b) $k_{papel} = 0,05 \frac{W}{mk}$ $L_{papel} = 0,750 \text{ mm}$



$$H_v = H_p$$

$$0,8 \cdot A \cdot \frac{T + 20}{5,2 \times 10^{-3}} = 0,05 \cdot A \cdot \frac{19,5 - T}{0,75 \times 10^{-3}}$$

$$0,75 \times 0,8 (T + 20) = 0,05 (19,5 - T) \cdot 5,2$$

$$0,6T + 12 = -0,26T + 5,07$$

$$0,86T = -6,93 \Rightarrow T = -8,1^\circ C$$

$$H_v = 0,8 \times 3,5 \times \frac{(-8,1 + 20)}{5,2 \times 10^{-3}} \Rightarrow H = 6,4 \times 10^3 \text{ W}$$

17,73, cont) 00

$$H_p = 0,05 \times 3,5 \times \frac{19,5 + 8,1}{0,75 \times 10^{-3}}$$

$$H_p = 6,4 \times 10^3 \text{ W}$$

OU, usando R

$$R = \frac{L}{k} \Rightarrow R_{\text{vidro}} = \frac{5,2 \times 10^{-3}}{0,8} \Rightarrow R_v = 6,5 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$[A] = \frac{\text{m}}{\frac{\text{W}}{\text{mK}}} = \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{pared}} = \frac{0,75 \times 10^{-3}}{0,05}$$

$$R_{\text{pared}} = 1,5 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{total}} = 6,5 \times 10^{-3} + 1,5 \times 10^{-2}$$

$$R_{\text{total}} = 2,15 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$H = A \frac{T_H - T_C}{R} \Rightarrow H = 3,5 \frac{19,5 + 20}{2,15 \times 10^{-2}}$$

$$H = 6,4 \times 10^3 \text{ W}$$

c) Com pared a perda é 3 x menor

17.74) corpo negro: $e = 1$

$$H = A \cdot e \cdot \sigma \cdot T^4$$

$$a) \frac{H}{A} = 1 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 273^4$$

$$\frac{H}{A} = 315 \frac{W}{m^2}$$

$$b) \frac{H}{A} = 1 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 2730^4 \Rightarrow \frac{H}{A} = 3,15 \times 10^6 \frac{W}{m^2}$$

17.75) $A = 1,2 \text{ m}^2$

$T_s = 5^\circ\text{C} = 278 \text{ K}$

$e = 0,98$

$T = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$

$$H = A \cdot e \cdot \sigma \cdot T^4 \Rightarrow H = 1,2 \times 0,98 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 303^4$$

$$H = 562 \text{ W}$$

$$H_B = A \cdot e \cdot \sigma \cdot (T^4 - T_s^4)$$

$$H_B = 1,2 \times 0,98 \times 5,67 \times 10^{-8} \times (303^4 - 278^4)$$

$$H_B = 164 \text{ W}$$

$$17.76) \quad e_t = 0,35$$

$$\text{esfera, } r = 1,5 \text{ cm}$$

$$T_s = 290 \text{ K}$$

$$T = 3000 \text{ K}$$

$$A_{\text{esfera}} = 4\pi r^2$$

$$A_{\text{esfera}} = 4\pi \times (1,5 \times 10^{-2})^2 \Rightarrow A_e = 2,83 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$H = A \cdot e \cdot \sigma (T^4 - T_s^4)$$

$$H = 2,83 \times 10^{-3} \times 0,35 \times 5,67 \times 10^{-8} (3000^4 - 290^4)$$

$$H = 4,54 \times 10^3 \text{ W}$$

↪

$$17.72) \quad T = 2450 \text{ K} \quad e = 0,35 \quad H = 150 \text{ W}$$

$$H = A \cdot e \cdot \sigma \cdot T^4$$

$$150 = A \cdot 0,35 \cdot 5,67 \times 10^{-8} \cdot 2450^4$$

$$A = \frac{150}{7,15 \times 10^5} \Rightarrow A = 2,10 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = 210 \text{ mm}^2$$