

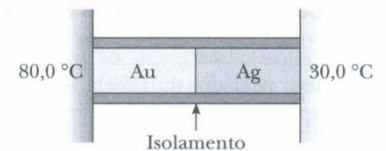
**Questões – processos de transmissão de calor - aprofundamento**

1. Uma caixa feita de material isolante tem área total da superfície de  $1,20 \text{ m}^2$  e espessura da parede de  $4,00 \text{ cm}$ . Um aquecedor elétrico de  $10,0 \text{ W}$  dentro da caixa mantém a temperatura interna  $15,0 \text{ }^\circ\text{C}$  acima da temperatura externa. Encontre a condutividade térmica  $k$  do material isolante.

2. O vidro de uma janela tem área de  $3,00 \text{ m}^2$  e espessura de  $0,600 \text{ cm}$ . Se a diferença de temperatura entre suas faces é  $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , qual é a taxa de transferência de energia pela condução através da janela?

3. O corpo humano precisa manter sua temperatura interna dentro de uma faixa estreita em torno de  $37^\circ\text{C}$ . Os processos metabólicos, principalmente o exercício muscular, convertem a energia química em energia interna no interior do corpo. A energia deve fluir do interior para o exterior para a pele ou para os pulmões para ser perdida por meio do calor para o ambiente. Durante o exercício moderado, um homem de  $80 \text{ kg}$  pode metabolizar energia de alimentos à taxa de  $300 \text{ kcal/h}$ , realizar  $60 \text{ kcal/h}$  de trabalho mecânico e exaurir as  $240 \text{ kcal/h}$  restantes de energia por meio do calor. A maior parte da energia é levada do interior do corpo para fora até a pele por convecção forçada: o sangue é aquecido no interior e então resfriado na pele, que está alguns graus mais fria do que o interior do corpo. Sem o fluxo sanguíneo, o tecido vivo é um bom isolante térmico, com condutividade térmica em torno de  $0,210 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ . Demonstre que o fluxo sanguíneo é essencial para resfriar o corpo calculando a taxa de condução de energia em  $\text{kcal/h}$  através da camada de tecido sob a pele. Considere que sua área é de  $1,40 \text{ m}^2$ , sua espessura é de  $2,50 \text{ cm}$  e sua temperatura é mantida em  $37,0 \text{ }^\circ\text{C}$  de um lado e  $34,0 \text{ }^\circ\text{C}$  do outro.

4. Uma barra de ouro está em contato térmico com uma barra de prata de mesmo comprimento e área. Uma extremidade da barra composta é mantida a  $80,0 \text{ }^\circ\text{C}$  e a extremidade oposta está a  $30,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Quando a transferência de energia atinge o estado estacionário, qual a temperatura na junção?



5. Um transistor é um dispositivo eletrônico em estado sólido. Considere que ele transforma energia elétrica em energia interna à taxa de  $1,50 \text{ W}$ . A área da superfície do transistor é tão pequena que tende a superaquecer. Para prevenir o superaquecimento, o transistor é ligado a um grande dissipador de calor feito de metal com aletas. O ar ao redor mantém o dissipador de calor a  $35,0 \text{ }^\circ\text{C}$ . O transistor é isolado eletricamente do dissipador de calor por meio de uma lâmina retangular de mica medindo  $8,25 \text{ mm}$  por  $6,25 \text{ mm}$  e  $0,0852 \text{ mm}$  de espessura. A condutividade térmica da mica é  $0,0753 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ . Qual é a temperatura de operação do transistor?

6. Uma pessoa está numa praia num dia ensolarado, a uma temperatura de  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , absorvendo  $30 \text{ kcal/h}$  na forma de radiação. A temperatura de sua pele é  $32 \text{ }^\circ\text{C}$  e sua área exposta é  $0,9 \text{ m}^2$ . Para essa pessoa, calcule:

- a energia absorvida durante uma hora;
- a perda de calor por convecção, supondo  $K_c \cong 2,5 \text{ kcal/m}^2\text{hK}$ .

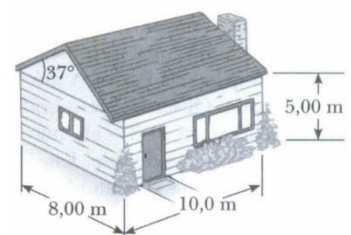
7. Quando completamente em repouso, uma pessoa média consome cerca de  $95 \text{ kcal/h}$ , ou  $110 \text{ W}$ . Essa taxa mínima de consumo de energia é denominada taxa de metabolismo basal, e indica a quantidade de energia necessária à manutenção das atividades indispensáveis do corpo humano em repouso (como a respiração e o bombeamento do sangue através do sistema circulatório). Submersa na água, a perda de calor desta mesma pessoa por convecção aumenta, sendo  $K_c \cong 16,5 \text{ kcal/m}^2\text{hK}$ . Se essa pessoa tem  $70 \text{ kg}$  de massa, qual deve ser a temperatura da água para que sua perda de calor por convecção iguale a sua taxa metabólica basal? Considere que a área do corpo exposta à convecção seja de  $1,8 \text{ m}^2$  e que a pele esteja a uma temperatura de  $34 \text{ }^\circ\text{C}$ .

8. O filamento de tungstênio de uma lâmpada de  $100 \text{ W}$  irradia  $2,00 \text{ W}$  de luz. (Os outros  $98 \text{ W}$  são carregados para fora por convecção e condução.) O filamento tem área de superfície de  $0,250 \text{ mm}^2$  e emissividade de  $0,950$ . Descubra a temperatura do filamento. (O ponto de fusão do tungstênio é  $3683 \text{ K}$ .)

9. Um estudante tenta decidir o que vestir. Seu quarto está a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . A temperatura de sua pele é de  $35^\circ\text{C}$ . A área de sua pele exposta é  $1,50 \text{ m}^2$ . A pele das pessoas de todas as raças fica escura no infravermelho, com emissividade de cerca de  $0,900$ . Descubra a perda de energia resultante do seu corpo pela radiação em  $10,0 \text{ min}$ .

10. A temperatura da superfície do Sol é de aproximadamente  $5800 \text{ K}$ . O raio do Sol é  $6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$ . Calcule a energia total irradiada pelo Sol a cada segundo. Considere que a emissividade é  $0,965$ .

11. A condutividade térmica média das paredes (incluindo as janelas) e do telhado da casa da figura ao lado é de  $0,480 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  e sua espessura média é de  $21,0 \text{ cm}$ . A casa é aquecida com gás natural tendo calor de combustão (isto é, a energia fornecida por metro cúbico de gás queimado) de  $9 \text{ 300 kcal/m}^3$ . Quantos metros cúbicos de gás devem ser queimados a cada dia para manter a temperatura interna de  $25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ , se a temperatura externa é de  $0,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Desconsidere a radiação e a energia perdida pelo calor por meio do solo.



**Resolução:**

1)

$$P_{cd} = kA \frac{(T_2 - T_1)}{L} \Rightarrow k = \frac{P_{cd} \cdot L}{A \cdot (T_2 - T_1)} = \frac{10.4 \cdot 10^{-2}}{1,2.15} = \frac{40 \cdot 10^{-2}}{1,2.15} = 2,2 \cdot 10^{-2} \text{ W/m}^0\text{C}$$

2)

$$P_{cd} = kA \frac{(T_2 - T_1)}{L} = 0,8.3 \cdot \frac{25}{0,6 \cdot 10^{-2}} = 10^4 \text{ W}$$

3)

$$P_{cd} = kA \frac{(T_2 - T_1)}{L} = 0,21.1,4 \cdot \frac{3}{2,5 \cdot 10^{-2}} = 35,28 \text{ W} \cong 3 \text{ kcal/h, valor muito abaixo das 240 kcal/h citada no enunciado.}$$

4)

$$P_{cdAu} = P_{cdAg} \Rightarrow k_{Au} A \frac{(T_{junção} - 80)}{L} = k_{Ag} A \frac{(30 - T_{junção})}{L} \Rightarrow k_{Au} (T_{junção} - 80) = k_{Ag} (30 - T_{junção}) \Rightarrow \\ \Rightarrow 314(T_{junção} - 80) = 427(30 - T_{junção}) \Rightarrow 314T_{junção} - 25.120 = 12810 - 427T_{junção} \Rightarrow 741T_{junção} = 37930 \Rightarrow \\ T_{junção} \cong 51,2^0\text{C}$$

5)

$$P_{cd} = kA \frac{(T_2 - T_1)}{L} \Rightarrow T_2 = T_1 + \frac{P_{cd} \cdot L}{kA} = 35 + \frac{1,5.0,082 \cdot 10^{-3}}{0,0753 \cdot (8,25 \times 6,25) \cdot 10^{-6}} = 35 + 31,7 = 66,7^0\text{C}$$

6)

a)  $P = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = P \cdot \Delta t = 30.1 = 30 \text{ kcal}$

b)  $P_{cv} = k_{cv} \cdot A \cdot (T_{pele} - T_{ar}) = 2,5.0,9.2 = 4,5 \text{ kcal/h}$

7)

$$P_{cv} = k_{cv} \cdot A \cdot (T_{pele} - T_{água}) \Rightarrow T_{água} = T_{pele} - \frac{P_{cv}}{k_{cv} \cdot A} = 34 - \frac{95}{16,5.1,8} = 34 - 3,2 = 30,8^0\text{C}$$

8)

$$P_{ir} = \sigma A e T^4 \Rightarrow T = \sqrt[4]{\frac{P_{ir}}{\sigma A e}} = \sqrt[4]{\frac{2}{5,7 \cdot 10^{-8} \cdot 0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 0,95}} = \sqrt[4]{1,477 \cdot 10^{14}} = \sqrt[4]{147,7 \cdot 10^{12}} = 3,486 \cdot 10^3 \text{ K}$$

9)

$$P_{ir_R} = \sigma A e (T^4 - T_0^4) = 5,7 \cdot 10^{-8} \cdot 1,5 \cdot 0,9 (308^4 - 293^4) \cong 124,65 \text{ W} \Rightarrow$$

$$Q = P \cdot \Delta t = 124,65 \cdot 10 \times 60 = 7,48 \cdot 10^4 \text{ J} \cong 17,89 \text{ kcal}$$

10)

$$P_{ir} = \sigma A e T^4 = 5,7 \cdot 10^{-8} \cdot 4\pi (6,96 \cdot 10^8)^2 \cdot 0,965 \cdot 5800 = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ J/s}$$

11)

$$A = 2x(8x5) + 2x(10x5) + 2x\left(10x\frac{4}{\cos 37}\right) + 2\left(\frac{8x4x\text{tg}37}{2}\right) = 80 + 100 + 100,17 + 24,11 = 304,28 m^2$$

$$P_{cd} = kA \frac{(T_2 - T_1)}{L} = 0,48 \cdot 304,28 \cdot \frac{25 - 0}{0,21} = 1,74 \cdot 10^4 \text{ J/s} = \frac{1,74 \cdot 10^4 / 4,18 \cdot 10^3 \text{ kcal}}{1 / (24 \cdot 3600) \text{ dia}} = 4,16 \cdot 86400 = 359.424 \text{ kcal/dia} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{Volume} = \frac{359.424}{9300} = 38,65 m^3$$