

Lista 2 de Fundamentos de Fenômenos de Transporte - Transferência de calor

1) Uma janela de vidro duplo (cada um com espessura de 4 mm) possui uma camada de ar de 1 cm entre os vidros. O ar externo está a -10°C com um coeficiente convectivo de transferência de calor de $175 \text{ W/m}^2\text{K}$. A superfície da camada de vidro em contato com o ambiente interno está a 298 K. Determine a taxa de transferência de calor e a temperatura mais baixa na camada de ar.

Solução: 88 W/m^2 , $-9,4^{\circ}\text{C}$;

2) Um painel de circuitos elétricos possui uma camada de 1mm de substrato, $k = 0,95 \text{ W/mK}$, uma camada de 1,5 mm de plástico, $k = 0,4 \text{ W/mK}$, exposta a um coeficiente convectivo externo $h = 35 \text{ W/m}^2\text{K}$ do óleo de refrigeração. Se o circuito elétrico gera 1000 W/m^2 , quão quente ele vai estar?

Solução: 58°C ;

3) Uma manta fina de aquecimento elétrico dissipa 100 W/m^2 . Sobre sua face esquerda tem 2 cm de madeira macia, seguida de uma placa de vidro de 2 mm de espessura exposta ao ar a 60°C com um coeficiente convectivo $h = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Sobre a face direita da manta aquecedora tem uma camada de ar de 1 mm, seguida de uma chapa fina de aço de 1 mm que está exposta a um escoamento de água a 200 kPa e 100°C com um $h = 50 \text{ W/m}^2\text{K}$. A geometria é toda plana e o regime é permanente. Determine a temperatura da manta e as taxas de fluxo de calor (W/m^2) para a direita e para a esquerda da manta.

Solução: 94°C , -63 W/m^2 , 163 W/m^2

4) Vapor d'água saturado a 15 kPa escoa em um tubo de aço com raio interno de 0,2 m e uma espessura de parede de 3 mm. O isolamento térmico aplicado em torno do tubo tem 0,1 m de espessura com uma condutividade térmica de $0,07 \text{ W/mK}$, e o coeficiente convectivo entre a superfície externa do isolante e o ar ambiente a 25°C é $25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Determine a queda de temperatura através do isolamento e a taxa de fluxo de calor.

Solução: 28°C , 31 W/m ;

5) Água líquida saturada a 500 kPa escoa, com uma vazão de 2 kg/s, em um tubo de metal com 5 cm de diâmetro interno, $k = 40 \text{ W/mK}$, e espessura de parede de 3 mm. O tubo é exposto a um ambiente contendo um gás a 500°C com $h = 100 \text{ W/m}^2\text{K}$. A água está sendo aquecida para sair do tubo como vapor saturado a 500 kPa. Considere que a temperatura da água é uniforme e que a resistência térmica da camada convectiva interna é desprezível. Determine a taxa total de transferência de calor e o comprimento de tubo necessário para esse processo em regime permanente.

Solução: 4217 kW , $0,0573 \text{ mK/W}$, 694 m ;

6) Uma placa retangular de alumínio de 16 mm por 16 mm, com 1 mm de espessura, é acoplada sobre a superfície do invólucro de uma CPU de 16 mm por 8 mm. Despreze as laterais e o fundo da CPU. As superfícies livres do invólucro mais aleta devem remover um total de 1 W, com um coeficiente de transferência de calor convectivo de $40 \text{ W/m}^2\text{K}$ para o ar a 25°C . Qual é a temperatura da superfície do invólucro da CPU?

Solução: 63°C ;

7) Um vaso metálico, esférico, de paredes delgadas, é usado para guardar nitrogênio líquido a 77 K. O vaso tem o diâmetro de 0,5 m e está dentro de um isolamento evacuado, refletivo, constituído por pó de sílica. O isolamento tem 25 mm de espessura e a sua superfície externa está exposta ao ar ambiente, a 300 K. O coeficiente de convecção é 20 W/m^2 . O calor latente de vaporização e a densidade do nitrogênio líquido são, respectivamente, $2 \times 10^5 \text{ J/kg}$ e 804 kg/m^3 .

1. Qual é a taxa de transferência de calor para o nitrogênio líquido?

2. Qual é a taxa de perda do líquido por vaporização?

Dados: Pó de sílica evacuado (300K): $k = 0,0017 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

Solução: 1. $q = 13,06 \text{ W}$ 2. $V = 7 \text{ litros/dia}$;

8) Uma parede plana é composta de dois materiais, **A** e **B**. A parede de material **A** tem uma geração uniforme de calor $q = 1,5 \times 10^6 \text{ W/m}^3$, $k_A = 75 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ e espessura $L_A = 50\text{mm}$. A parede de material **B** não tem geração de calor, $k_B = 150 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ e a espessura é $L_B = 20\text{mm}$. A superfície interna do material **A** está bem isolada, enquanto a superfície externa do material **B** está resfriada por uma corrente de água com $T_\infty = 30^\circ\text{C}$ e $h = 1.000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

1. Fazer o gráfico da distribuição de temperatura na parede composta, em regime permanente.
2. Determinar a temperatura T_0 de superfície isolada e a temperatura T_2 da superfície resfriada.

Solução: $T_0 = 140^\circ\text{C}$; $T_2 = 105^\circ\text{C}$;

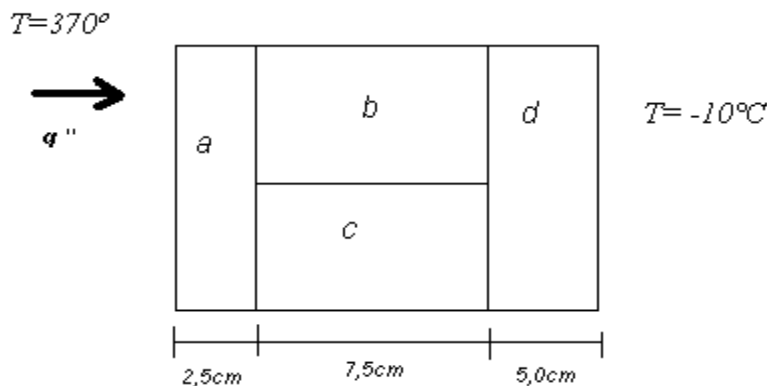
9) Consideremos um tubo comprido, sólido, com um isolamento no raio externo r_0 , e resfriado no raio interno r_i , com uma geração uniforme de calor $q \text{ (W/m}^3\text{)}$ na parede.

1. Determine a solução geral da distribuição de temperatura no tubo.
2. Numa certa aplicação, há um limite na temperatura máxima admissível na superfície isolada ($r=r_0$). Identificar esta temperatura como T_0 e determinar as condições de contorno apropriadas para determinar as constantes arbitrárias que aparecem na solução geral.
3. Determinar a taxa de remoção de calor por unidade de comprimento do tubo.
4. Sendo Disponível um refrigerante na temperatura T_∞ , deduzir uma expressão para o coeficiente de convecção que teria que existir na superfície interna a fim de ser possível a operação na temperatura T_0 com a taxa de geração q .

10) Na figura a seguir é mostrado um conjunto de paredes planas compostas.

- a. Calcule o fluxo de calor unidimensional, permanente;
- b. Determine a temperatura em todas as interfaces.

Considere dado: $\text{Área}_{(b)} = \text{Área}_{(c)}$, $k_a = 175 \text{ [W/m}^\circ\text{C]}$, $k_b = 40 \text{ [W/m}^\circ\text{C]}$, $k_c = 50 \text{ [W/m}^\circ\text{C]}$, $k_d = 80 \text{ [W/m}^\circ\text{C}]$.



Solução: (a) $q'' = 15.6088,26 \text{ (W/m}^2\text{)}$

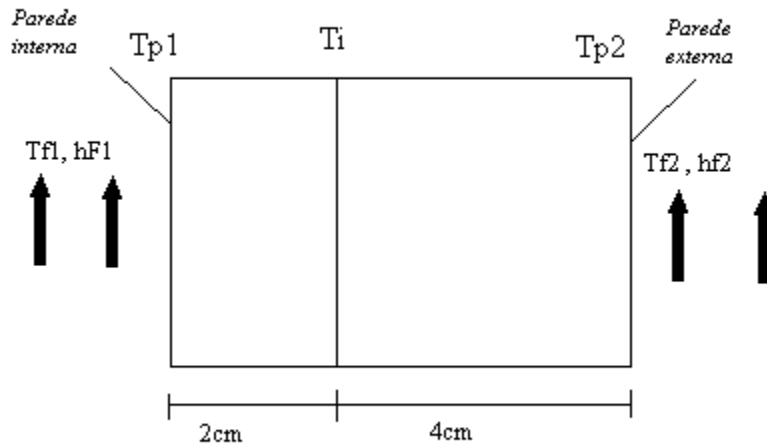
(b) $T_2 = 347,7^\circ\text{C}$; $T_3 = 87,6^\circ\text{C}$;

$T_1 =$ temperatura da parede interna 1;

$T_4 =$ temperatura da parede externa 2.

11) Considere uma parede plana de duas camadas de materiais diferentes M_1 e M_2 , conforme mostrado na figura a seguir. A camada M_1 está em contato com um fluido a esta temperatura $T_{f1} = 250^\circ\text{C}$, com coeficiente $h_{f1} = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$. A camada M_2 está em contato com um fluido a temperatura $T_{f2} = 50^\circ\text{C}$, com coeficiente de convecção $h_{f2} = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Dados: Material M_1 : $k_1 = 0,1 \text{ W/mK}$
Material M_2 : $k_2 = 0,05 \text{ W/mK}$



Para as condições expostas:

- Faça o circuito térmico correspondente ao circuito elétrico.
- Calcule o fluxo de calor ($q'' = q/A$)
- Determine as temperaturas T_{p1} , T_{p2} e T_i (temperatura na interface), correspondentes a superfície interna, superfície de contato entre M_1 e M_2 , e a superfície externa.
- Determine a temperatura na posição $x=5 \text{ cm}$, com a origem na parede interna.

12) A parede composta de um forno possui três materiais, dois dos quais com condutividade térmica, $K_A = 20 \text{ W/m.K}$ e $K_C = 50 \text{ W/m.K}$, e espessura $L_A = 0,30 \text{ m}$ e $L_C = 0,15 \text{ m}$ conhecidas. O terceiro material, B, que se encontra entre os materiais A e C, possui espessura $L_B = 0,15 \text{ m}$ conhecida, mas a sua condutividade térmica K_B é desconhecida. Sob condições de operação em regime estacionário, medidas revelam um temperatura na superfície externa do forno de $T_{s,e} = 20^\circ\text{C}$, uma temperatura na superfície interna de $T_{s,i} = 600^\circ\text{C}$ e uma temperatura do ar no interior do forno de $T_\infty = 800^\circ\text{C}$. O coeficiente convectivo interno h é conhecido, sendo igual a $25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Qual o valor de K_B ?

R. 1,53 W/mK.

