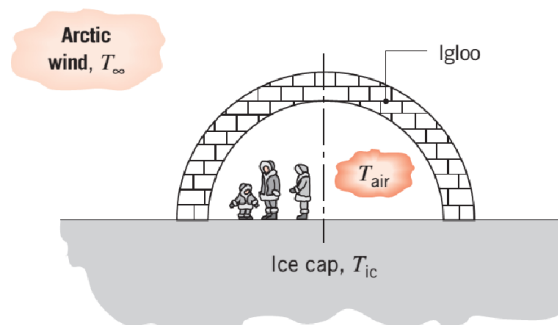


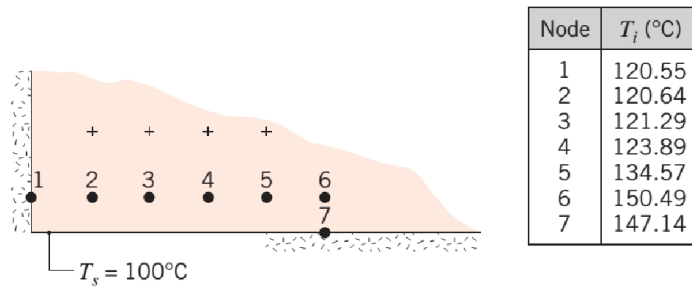
# MEC010 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

## Lista de Exercícios 02

- Um iglu é construído na forma de um hemisfério, com raio interno de 1,8 m e paredes de neve compactada com uma espessura de 0,5 m. No interior do iglu, o coeficiente de transferência de calor nas superfícies é de  $6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ; no lado de fora, sob condições de ventos normais, ele é de  $15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . A condutividade térmica da neve compactada é de  $0,15 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . A temperatura da camada de gelo sobre a qual o iglu se encontra é de  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  e a sua condutividade térmica é a mesma da neve compactada.
  - Considerando que os corpos dos ocupantes do iglu forneçam uma fonte contínua de calor de  $320 \text{ W}$  no interior do iglu, calcule a temperatura do ar no seu interior quando a temperatura quando a temperatura do ar externo é de  $T_\infty = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Certifique-se de levar em consideração as perdas de calor pelo chão do iglu. **Resposta:**  $T_{\infty,i} = 1,1 \text{ }^\circ\text{C}$ .
  - Usando o circuito térmico da parte (a), execute uma análise de sensibilidade paramétrica para determinar quais variáveis possuem um efeito significativo na temperatura do ar no interior do iglu. Por exemplo, sob condições de ventos muito fortes, o coeficiente convectivo externo pode dobrar ou até mesmo triplicar. Faz algum sentido construir o iglu com paredes que possuam a metade ou então o dobro da espessura original?



- Considere a rede para um sistema bidimensional, sem geração volumétrica interna de calor, que possui as temperaturas nodais mostradas a seguir. Sendo o espaçamento da malha de  $125 \text{ mm}$  e a condutividade térmica do material de  $50 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , calcule a taxa de transferência de calor na superfície isotérmica ( $T_s$ ), por unidade de comprimento normal à página. **Resposta:**  $q' = 6711 \text{ W}/\text{m}$ .

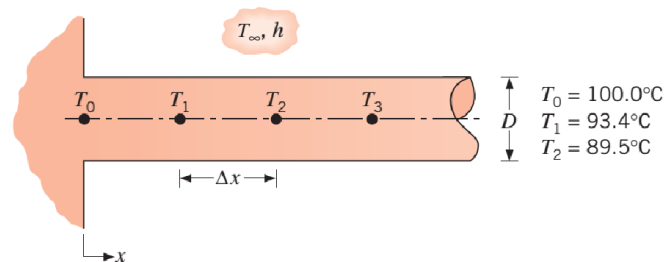


3. Uma análise por diferenças finitas, em condições de regime estacionário, foi efetuada em uma aleta cilíndrica com um diâmetro de 12 mm e condutividade térmica de 15 W/(m·K). O processo de transferência de calor por convecção é caracterizado por uma temperatura no fluido de 25 °C e um coeficiente de transferência de calor de 25 W/(m<sup>2</sup>·K).

a. As temperaturas para os três primeiros nós, separados por um incremento espacial de  $\Delta x = 10$  mm, são dadas na figura. Determine a taxa de transferência de calor na aleta.

Resposta:  $q_f = 1,473$  W.

b. Determine a temperatura no nó 3,  $T_3$ . Resposta:  $T_3 = 89,2$  °C.



4. Um monumento consiste em uma parede de tijolos com 15 cm de espessura. Exposto ao ar frio, sua temperatura alcança uniformemente 0 °C durante uma noite de inverno. Às 9h00 da manhã, o ar ambiente se esquentou até a temperatura de 15 °C, devendo permanecer assim até às 3 horas da tarde. Estime a temperatura da linha de centro e da superfície do monumento às 12 horas. A temperatura média do tijolo e o calor trocado entre o ar e o tijolo devem ser ainda determinados. O coeficiente de troca de calor por convecção é estimado em 50 W/(m<sup>2</sup>·K). As propriedades termofísicas do tijolo são  $k = 0,72$  W/(m·K) e  $\alpha$  (difusividade térmica) =  $449,1 \times 10^{-9}$  m<sup>2</sup>/s. Respostas:  $T_m = 12$  °C.

5. Antes de ser injetado no interior de uma fornalha, carvão pulverizado é preaquecido com a sua passagem através de um tubo cilíndrico cuja superfície é mantida a  $T_{\text{viz}} = 1000^\circ\text{C}$ . As partículas de carvão ficam suspensas no escoamento de ar e se movem a uma velocidade de 3 m/s. Aproximando as partículas por esferas com 1 mm de diâmetro e supondo que elas

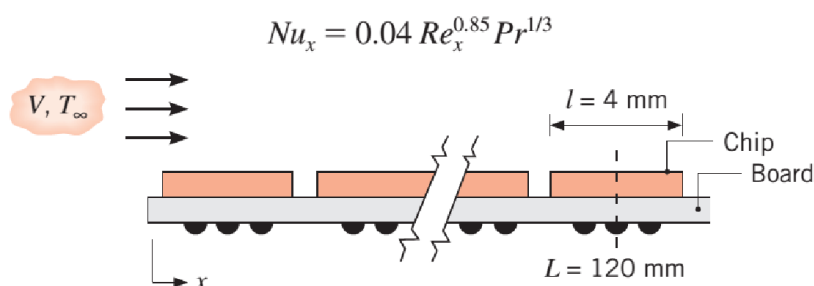
sejam aquecidas por transferência radiante com a superfície do tubo, qual deve ser o comprimento do tubo para que o carvão seja aquecido até 600 °C? A utilização do método da capacitância global é justificável? **Resposta: 3,54 m.**

6. Durante a operação transiente, o ejetor de um motor de foguete, feito em aço, não deve exceder uma temperatura máxima de operação de 1500 K quando exposto a gases de combustão caracterizados por uma temperatura de 2300 K e um coeficiente de transferência de calor por convecção de 5000 W/(m<sup>2</sup>·K). Para estender o período de duração da operação do motor, propõe-se a aplicação de um revestimento protetor térmico cerâmico (k= 10 W/(m·K), α= 6x10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s) sobre a superfície interna do ejetor. Para um revestimento cerâmico com 10 mm de espessura e inicialmente a uma temperatura de 300 K, obtenha uma estimativa conservativa para a máxima duração de operação do motor permitida. O raio do ejetor é muito maior do que o somatório das espessuras da parede e do revestimento. **Resposta: 10,9 s.**

7. Escoamento forçado de ar a 25 °C e V= 10 m/s é usado para resfriar componentes eletrônicos em um circuito de computador. Um destes elementos é um chip, 4 mm por 4 mm, localizado a 120 mm da borda de ataque da placa. Experimentos mostraram que o escoamento é perturbado pelos diferentes componentes e que o coeficiente de troca de calor por convecção é dado pela expressão:

$$Nu_x = 0,04 Re_x^{0,85} Pr^{1/3}$$

Estime a temperatura superficial do chip se ele estiver dissipando 30 mW. (Assuma para T<sub>∞</sub>= 25 °C, k=2,63x10<sup>-2</sup> [W/(m·°C)], ν=1,59x10<sup>-5</sup> [m<sup>2</sup>/s] e Pr= 0,707). **Respostas: T<sub>s</sub>= 42,5 °C.**



8. Experimentos mostraram que, para um escoamento de ar a T<sub>∞</sub>= 35 °C e V<sub>1</sub>= 100 m/s, a taxa de transferência de calor em uma pá de turbina com comprimento característico L<sub>1</sub>= 0,15 m e temperatura superficial T<sub>s,1</sub>= 300 °C é de q<sub>1</sub>= 1500 W. Qual seria a taxa de transferência de

calor em uma segunda pá de turbina com comprimento característico  $L_2 = 0,3$  m operando a  $T_{s,2} = 400$  °C em um escoamento de ar a  $T_\infty = 35$  °C e  $V_2 = 50$  m/s? A área superficial da pá pode ser considerada diretamente proporcional ao seu comprimento característico. **Resposta:**  $q_2 = 2066$  W.

9. Ar a 3,5 MPa e 38 °C escoava através de um banco de tubos que consta de 400 tubos de 1,25 cm de diâmetro externo colocados em uma forma alternada de 20 fileiras de tubos de alto;  $S_L = 3,75$  cm e  $S_T = 2,5$  cm. A velocidade do fluxo entrante é de 9 m/s, e a temperatura das paredes dos tubos é mantida constante a 20 °C pela condensação de vapor no interior dos tubos. O comprimento dos tubos é de 1,5 m. Calcule a temperatura de saída do ar à medida que deixa o banco de tubos. **Resposta:** 56.76 °C.

10. Cem componentes elétricos, cada um dissipando 25 W, estão fixados à superfície de uma placa quadrada de cobre (0,2 m x 0,2 m), e toda a energia dissipada é transferida para a água que se encontra em escoamento paralelo sobre a superfície oposta. Uma protuberância na aresta frontal da placa atua na perturbação da camada-limite e a placa pode ser considerada isotérmica. A velocidade e a temperatura da água são  $u_\infty = 2$  m/s e  $T_\infty = 17$  °C, e as propriedades termofísicas da água podem ser aproximadas por  $\nu = 0,96 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s,  $k = 0,620$  W/(m·K) e  $Pr = 5,2$ .

a) Qual é a temperatura da placa de cobre. **Resposta:**  $T_s = 27$  °C.

b) Se cada componente possui uma área superficial de contato com a placa de cobre igual a 1 cm<sup>2</sup> e a resistência térmica de contato correspondente é igual a  $2 \times 10^{-4}$  (m<sup>2</sup>·K)/W, qual é a temperatura dos componentes? Despreze a variação de temperatura ao longo da espessura da placa de cobre. **Resposta**  $T_c = 77$  °C.

