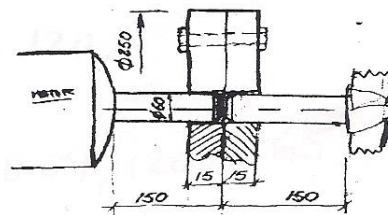


1) Em uma instalação de ar condicionado, num local onde o ar ambiente está a  $25^{\circ}\text{C}$  e a temperatura de orvalho é de  $8^{\circ}\text{C}$ , uma tubulação de cobre ( $k=380 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ ), de 1 in ( $D_e=28,4\text{mm}$  e  $D_i=25,4\text{mm}$ ), conduz água gelada a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Necessitando-se evitar a condensação da umidade do ar, pretende-se utilizar um isolante térmico com  $k=0,30 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ . Sendo o coeficiente de película no exterior do tubo de  $25 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$  e o interno de  $4500 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ , qual a espessura de isolante necessária?

2) Um aquecedor elétrico (macarrão  $k_M=5 \text{ W/mK}$ ) gera energia uniformemente, e é colocado entre um bastão cilíndrico maciço A ( $k_A=0,20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ,  $r_A=20\text{mm}$ ) e um tubo concêntrico B ( $k_B=2,0 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ), de raio interno  $r_{iB}=40\text{mm}$  e externo  $r_{eB}=60\text{mm}$ . O ambiente está a  $-20^{\circ}\text{C}$ , sendo o coeficiente de película  $50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . Pede-se:

- Qual a potência por unidade de comprimento a ser dissipada no macarrão para manter a temperatura externa em  $5^{\circ}\text{C}$ ? Qual a potência por unidade de volume? (1pt)
- Qual a temperatura no centro do bastão A? (2pt)
- O uso de um revestimento com  $k_R=4 \text{ W/mK}$  poderia diminuir essa potência? Em que condições? Admitir  $h$  constante. (2pt)

3) Um motor elétrico aciona um ventilador ("cooler") por meio de um eixo vazado bipartido ( $L=15\text{cm}$  em cada trecho,  $\Phi_e=60 \text{ mm}$ ,  $\Phi_i=50 \text{ mm}$ ,  $k_e=50 \text{ W/mK}$ ) e de um acoplamento com dois flanges circulares de ferro fundido (cada um com espessura  $t_f=1,5\text{cm}$ ,  $\Phi_f=250 \text{ mm}$  e  $k_f=40 \text{ W/mK}$ ), situados a meio entre os equipamentos. A extremidade do eixo na saída do motor está a  $200^{\circ}\text{C}$ , enquanto aquela ligada ao ventilador está na temperatura ambiente de  $20^{\circ}\text{C}$ . O coeficiente de troca de calor por convecção no eixo é igual a  $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , enquanto nos flanges, o seu valor médio é de  $40 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . O contato entre os flanges do acoplamento e entre estes e o eixo pode ser considerado como termicamente perfeito. Pede-se a temperatura nas bases dos flanges do acoplamento e a perda de calor pelo motor, pelos eixos e pelos flanges. Desprezar as perdas por radiação.



4) Uma placa plana delgada ( $w=0,1\text{m}$ ,  $t=5 \text{ mm}$ ,  $k=25 \text{ W/mK}$ ), de comprimento muito maior que a largura, é ligada a dois absorvedores de calor que estão nas temperaturas de  $100^{\circ}\text{C}$  e  $35^{\circ}\text{C}$ . Sobre a placa assentam-se vários microprocessadores de largura  $w/2$ , os quais dissipam  $20 \text{ kW/m}^2$  de calor uniformemente para ela. O coeficiente de transmissão de calor por convecção para o ambiente a  $25^{\circ}\text{C}$  é de  $50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , sendo desprezível a radiação. Pede-se:

- a dedução da(s) equação(ões) diferencial(is) que governe(m) a distribuição de temperatura na placa;
- as condições de contorno apropriadas;
- a sua solução e o gráfico de distribuição de temperatura na placa;
- a temperatura máxima na placa; e
- o fluxo de calor para os dissipadores.

5) Uma barra longa de aço ( $k=40 \text{ W/mK}$ ), de seção triangular reticular, de  $20 \times 20 \text{ cm}$  de lados, isolada na hipotenusa, fixa placas de componentes eletrônicos a  $200^{\circ}\text{C}$  e  $10^{\circ}\text{C}$ , em cada um dos lados. Pede-se:

- a expressão da distribuição de temperatura na seção;
- a temperatura a  $1/3$  da hipotenusa, no ponto mais próximo da face de maior temperatura;
- o fluxo de calor a meio da face de maior temperatura e no ponto anterior (item b); e
- o fluxo de calor entre componentes.

6) Você como engenheiro de uma empresa de automação deve especificar os parâmetros de operação de uma esteira transportadora para uma câmara de tratamento térmico de esferas de aço. As esferas de aço, de  $D=0,2\text{m}$  de diâmetro, e na temperatura  $T_i=400^{\circ}\text{C}$ , são colocadas sobre a esteira de 5 metros que as transporta pela câmara, cujo ar é mantido a  $-15^{\circ}\text{C}$ . A produção ótima dos rolamentos exige que a temperatura superficial das esferas na saída da câmara seja de  $T=65^{\circ}\text{C}$ . Para avaliação metalúrgica da peça, é necessário saber a temperatura atingida na posição  $r=0,05\text{m}$ . Efeitos de radiação podem ser desprezados. O coeficiente de transferência de calor por convecção é estimado em  $h=1000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . As propriedades do aço são:  $k=50 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ,  $\alpha=2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  e  $c=450 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ . Pede-se:

- O tempo de permanência das esferas dentro da câmara e a velocidade da esteira;
- a temperatura no interior da esfera na posição  $r=0,05\text{m}$ ; e
- a energia que será retirada de cada esfera e transferida para o ar de resfriamento.

7) Uma barra cilíndrica ( $\Phi 100$ ) longa, de vidro ( $k=1,5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ,  $\rho=2500 \text{ kg/m}^3$ ,  $c=850 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ), inicialmente a  $20^{\circ}\text{C}$ , é inserida pela ponta em um banho de óleo fervente a  $320^{\circ}\text{C}$  ( $h=20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ).

- Quanto tempo será necessário para que a temperatura em um ponto do eixo, a  $20\text{mm}$  da ponta, atinja  $170^{\circ}\text{C}$ ?
- Qual a temperatura na superfície, a  $5 \text{ cm}$  da ponta, após 20 minutos?
- Qual a temperatura no centro da ponta, após 20 segundos? O que se pode concluir do resultado?

8) Um procedimento para a determinação da condutividade térmica de um material sólido consiste na inclusão de um termopar a  $40 \text{ mm}$  da ponta e no eixo de uma barra longa deste material, de  $40 \times 50 \text{ mm}$  de seção transversal. Uma barra, inicialmente a  $30^{\circ}\text{C}$ , é introduzida em água fervente a  $100^{\circ}\text{C}$  ( $h=1000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ), e o termopar mede dois minutos após  $65^{\circ}\text{C}$ . A massa específica e o calor específico do material são  $2200 \text{ kg/m}^3$  e  $700 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ , respectivamente. Pergunta-se:

- Qual a condutividade térmica do material da barra?
- Qual a temperatura no eixo a  $20 \text{ mm}$  da ponta, aos dois minutos?
- Qual a temperatura no meio da face maior, a  $40 \text{ mm}$  da ponta, aos dois minutos?
- Qual será a temperatura no termopar aos cinco minutos?

Obs.: Caso não tenha resolvido o item a), prossiga com os demais admitindo  $k=10 \text{ W/mK}$ .

9) No seu tratamento térmico, uma larga placa de aço inoxidável AISI304, de  $50\text{mm}$  de espessura, a  $600^{\circ}\text{C}$ , deveria ter o seu centro resfriado até  $100^{\circ}\text{C}$ , através da aplicação, em uma de suas faces, de um jato de ar a  $25^{\circ}\text{C}$ , o qual proporciona um coeficiente de troca de calor por convecção de  $400 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . A outra face da placa seria isolada. Entretanto, existe dúvida se o resfriamento dessa forma provocará um empeno inadmissível na placa. Esse empeno está diretamente ligado à diferença máxima de temperatura na placa. Como alternativa, admite-se, então, apesar de mais caro, o resfriamento por jateamento de ambas as faces. Estime o tempo necessário para o resfriamento e a máxima temperatura nos dois processos de resfriamento mencionados.