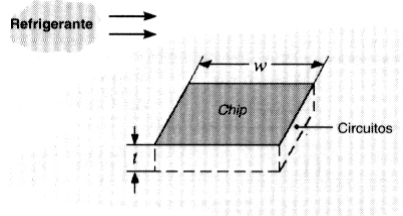


Lista de exercícios – ref. Prova 01 – TM-114 Transferência de calor e Massa – Turma B

1. (Incropera, 1.7) Um circuito integrado (chip) quadrado de silício ($k = 150 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) possui $w = 5 \text{ mm}$ de lado e espessura $t = 1 \text{ mm}$. O chip está alojado no interior de um substrato de tal modo que as suas superfícies laterais e inferior estão isoladas termicamente, enquanto sua superfície superior encontra-se exposta a uma substância refrigerante.



Se 4 W estão sendo dissipados pelos circuitos que se encontram montados na superfície inferior do chip, qual a diferença de temperatura que existe entre as suas superfícies inferior e superior, em condições de regime estacionário?

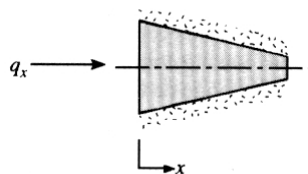
2. (Incropera, 1.10a) Ar a 40°C escoia sobre um cilindro longo, com 25 mm de diâmetro, que possui um aquecedor elétrico no seu interior. Durante uma bateria de testes foram tomadas medidas da potência dissipada por unidade de comprimento do cilindro, P' , necessária para manter a temperatura da superfície do cilindro em 300°C para diferentes velocidades V da corrente de ar, medidas em uma posição afastada da superfície. Os resultados obtidos foram os seguintes:

Velocidade do ar, V (m/s)	1	2	4	8	12
Potência, P' (W)	450	658	983	1507	1963

Determine o coeficiente de transferência de calor por convecção para cada velocidade e apresente os seus resultados em um gráfico.

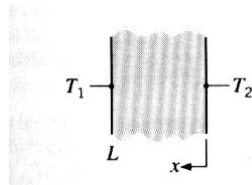
3. (Incropera, 1.17) Uma sonda interplanetária esférica, de diâmetro $0,5 \text{ m}$, contém circuitos eletrônicos que dissipam 150 W . Se a superfície da sonda possui uma emissividade de $0,8$ e não recebe radiação de outras fontes como, por exemplo, do sol, qual a sua temperatura superficial?

4. (Incropera, 2.4) Considere condução de calor unidimensional, em regime estacionário, através do sólido simétrico mostrado na figura.



Supondo que não existe geração interna de calor, desenvolva uma expressão para a condutividade térmica $k(x)$ para as seguintes condições: $A(x) = (1-x)$, $T(x) = 300(1- 2x - x^3)$ e $q_x = 6000 \text{ W}$, onde A está em metros quadrados, T em Kelvins e x em metros.

5. (Incropera, 2.7) Transferência unidimensional de calor por condução, em regime estacionário e sem geração interna de calor, ocorre no sistema mostrado. A condutividade térmica do material é de $25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, enquanto a espessura da parede L é de $0,5 \text{ m}$.



Determine as grandezas desconhecidas para cada caso mostrado na tabela e esboce a distribuição de temperatura, indicando a direção do fluxo térmico.

Caso	T_1	T_2	dT/dx (K/m)	q_x'' (W/m ²)
1	400 K	300 K		
2	100°C		-250	
3	80°C		+200	
4		-5°C		4000
5	30°C			-3000

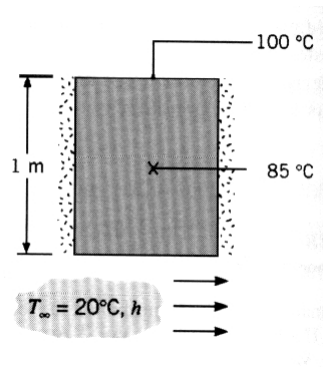
6. (Incropera, 3.1) Seja a parede plana da Fig. 3.1, que separa dois fluidos, um quente e o outro frio, a temperaturas $T_{\infty,1}$ e $T_{\infty,2}$, respectivamente. Usando balanços de energia nas superfícies $x = 0$ e $x = L$ como condições de contorno (ver Eq. 2.27), obtenha a distribuição de temperatura no interior da parede e o fluxo de calor em termos de $T_{\infty,1}$, $T_{\infty,2}$, h_1 , h_2 , k e L .

7. (Incropera, 3.5) Tanto o cobre quanto o aço inoxidável (AISI 304) estão sendo analisados para a construção da parede de um difusor de descarga de gases, resfriado a líquido, a ser utilizado em um foguete. A parede externa, resfriada, é mantida a 150°C, enquanto os gases de combustão no interior do difusor estão a 2750°C. O coeficiente de transferência de calor no lado dos gases é $h_i = 2 \times 10^4$ W/m²K, e o raio do difusor é muito maior do que a espessura de sua parede. Limitações térmicas ditam que a temperatura do cobre e do aço não devem exceder 540°C e 980°C, respectivamente. Qual é a espessura máxima da parede que pode ser utilizada para cada um dos dois materiais? Se o difusor for construído com a espessura máxima, qual dos materiais deve ser preferido?

8. (Incropera, 3.7) A sensação de calafrio (resfriamento pelo vento) que é experimentada em dias frios com ventos, está relacionada ao aumento da transferência de calor da pele para o ambiente. Considere uma camada de tecido gorduroso que possui 3 mm de espessura e cuja superfície interna é mantida a uma temperatura de 36°C. Em um dia calmo, o coeficiente de transferência de calor por convecção na superfície externa é de 25 W/m²K, mas com ventos de 30 km/h ele chega a 65 W/m²K. Em ambos os casos a temperatura do ambiente é de -15°C.

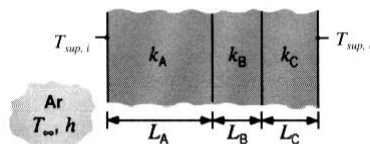
- Qual a razão entre a perda de calor, por unidade de área da pele, em um dia calmo e um dia de vento?
- Qual será a temperatura da superfície externa da pele em um dia calmo? E em um dia de vento?
- Qual a temperatura que o ar deveria ter um dia calmo para causar a mesma perda de calor que ocorre quando a temperatura do ar é de -15°C e há vento?

9. (Incropera, 3.9) Uma placa de aço com 1 m de comprimento ($k = 50$ W/m·K) tem os seus lados isolados termicamente, enquanto a superfície superior é mantida a 100°C e a superfície inferior é resfriada por convecção por um fluido que se encontra a 20°C. Em condições de regime estacionário, sem geração de calor, um termopar, posicionado no ponto intermediário entre as duas superfícies, revela uma temperatura de 85°C.



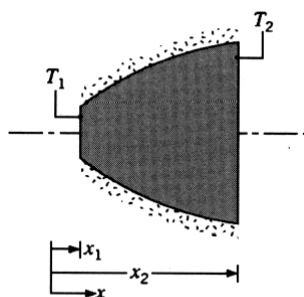
Qual o valor do coeficiente de transferência de calor por convecção na superfície inferior da placa?

10. (Incropera, 3.13) A parede composta de um forno possui três materiais, dois dos quais com condutividade térmica conhecida, $k_A = 20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ e $k_C = 50 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, e também espessura, $L_A = 0,30 \text{ m}$ e $L_C = 0,15 \text{ m}$. O terceiro material, B, que se encontra entre os materiais A e C, possui espessura $L_B = 0,15 \text{ m}$, mas sua condutividade térmica k_B é desconhecida.



Em condições de operação em regime estacionário, medidas revelam uma temperatura na superfície externa do forno de $T_{\text{sup},e} = 20^\circ\text{C}$, uma temperatura na superfície interna de $T_{\text{sup},i} = 600^\circ\text{C}$ e uma temperatura no interior do forno de $T_\infty = 800^\circ\text{C}$. O coeficiente de transferência de calor por convecção no interior do forno é igual a $25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Qual é o valor de k_B ?

11. (Incropera, 3.26) O diagrama mostra uma seção cônica fabricada em puro alumínio. Ela possui uma seção reta circular com diâmetro $D = ax^{1/2}$, onde $a = 0,5 \text{ m}^{1/2}$. A menor extremidade está localizada em $x_1 = 25 \text{ mm}$, e a maior, em $x_2 = 125 \text{ mm}$. As temperaturas nas extremidades são $T_1 = 600 \text{ K}$ e $T_2 = 400 \text{ K}$, enquanto a superfície lateral encontra-se termicamente isolada.



- Desenvolva uma expressão para a distribuição de temperatura $T(x)$, supondo condições unidimensionais. Esboce a distribuição de temperatura.
- Calcule a taxa de transferência de calor q_x .

12. (Incropera, 3.66) Uma parede plana, com espessura de $0,1 \text{ m}$ e condutividade térmica de $25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, apresenta uma taxa volumétrica de geração de calor uniforme de $0,3 \text{ MW/m}^3$ e está isolada em um de seus lados, enquanto o outro encontra-se exposto a um fluido a 92°C . O coeficiente de

transferência de calor por convecção entre a parede e o fluido é de $500 \text{ W/m}^2\text{K}$. Determine a temperatura máxima na parede.

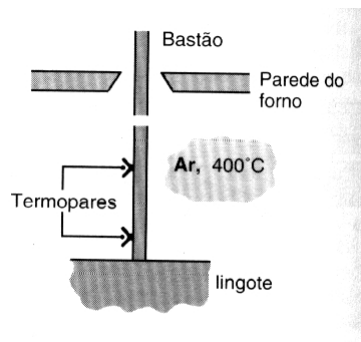
13. (Incropera, 3.76) A superfície exposta ($x = 0$) de uma parede plana, com condutividade térmica k , está sujeita à radiação de microonda, que causa um aquecimento volumétrico que varia de acordo com a expressão

$$\dot{q}(x) = \dot{q}_o \left(1 - \frac{x}{L}\right)$$

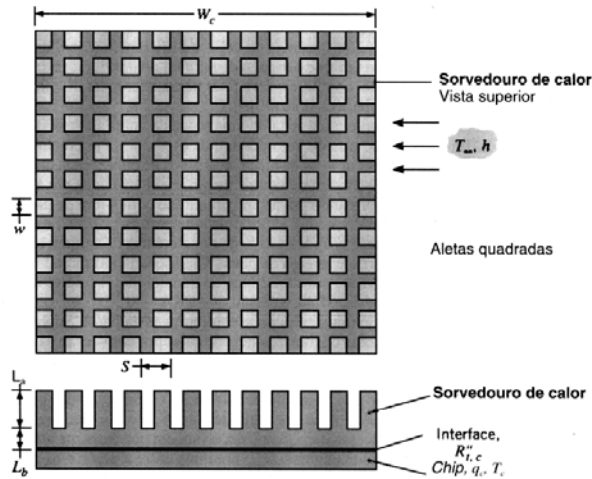
onde \dot{q}_o (W/m^3) é uma constante. A fronteira em $x = L$ está perfeitamente isolada, enquanto a superfície exposta é mantida a uma temperatura constante T_o . Determine a distribuição de temperatura $T(x)$ em termos de x , L , k , \dot{q}_o e T_o .

14. (Incropera, 3.79) Um cabo de cobre, com 30 mm de diâmetro e resistência elétrica de $5 \times 10^{-3} \text{ } \Omega/\text{m}$ conduz uma corrente elétrica de 250 A. O cabo está exposto ao ar ambiente a 20°C , onde o coeficiente de transferência de calor por convecção é de $25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Quais são as temperaturas na superfície e no centro do cabo de cobre?

15. (Incropera, 3.100) Um bastão longo atravessa uma abertura na parede de um forno que contém ar a uma temperatura de 400°C . Estando o bastão pressionado firmemente contra a superfície de um lingote, termopares inseridos no seu interior a distâncias de 25 e 120 mm do lingote, registram temperaturas de 325 e 375°C , respectivamente. Qual é a temperatura do lingote?



16. (Incropera, 3.119) Como um meio de melhorar a transferência de calor em circuitos integrados (chips) lógicos de alto desempenho, é comum a fixação de um sorvedouro de calor à superfície do chip, com o objetivo de aumentar a área superficial disponível para transferência de calor por convecção. Devido à facilidade de fabricação (efetuando cortes ortogonais em um bloco do material), uma opção atraente é a utilização de um sorvedouro de calor composto por aletas quadradas com largura w . O espaçamento entre aletas adjacentes é determinado pela largura da lâmina da serra. A soma deste espaçamento com a largura da aleta define o passo da aleta, S . O método utilizado para fixar o sorvedouro de calor ao chip determina a resistência interfacial de contato, $R''_{t,c}$.



Seja um chip com largura $W_c = 16$ mm, resfriado por um líquido dielétrico a $T_\infty = 25^\circ\text{C}$ e com $h = 1500$ W/m²K. O sorvedouro de calor é fabricado em cobre ($k = 400$ W/m·K) e suas dimensões características são $w = 0,25$ mm; $S = 0,50$ mm; $L_a = 6$ mm e $L_b = 3$ mm. Os valores especificados para w e S representam mínimos impostos por limitações de fabricação, bem como pela necessidade de se manter um escoamento adequado entre as aletas.

a) Se uma junta metalúrgica fornece uma resistência de contato $R''_{t,c} = 5 \times 10^{-6}$ m²·K/W e a temperatura máxima permissível para o chip é de 85°C, qual é a potência máxima que o chip pode dissipar q_c ? Suponha que todo o calor gerado é dissipado através do sorvedouro de calor.