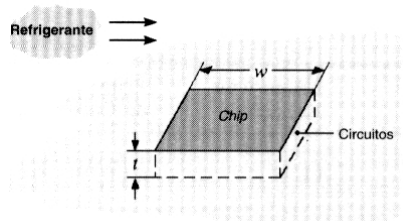


Lista de exercícios – Caps. 1, 2 e 3

TM-114 Transferência de Calor e Massa (Turma B) – 2008/1

1. (Incropera, 6ed, 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?

Resp: $1,1^\circ\text{C}$

2. (Incropera, 6ed, 1.14) 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

a) Determine o coeficiente de transferência de calor por convecção para cada velocidade.
Resp: $22,1$; $32,3$; $48,2$; $73,9$; $96,2$.

b) Supondo que o coeficiente convectivo dependa da velocidade de escoamento do ar de acordo com uma relação do tipo $h = C \cdot V^n$, determine os parâmetros C e n a partir dos resultados da parte (a). Resp: $22,12$; $0,6$.

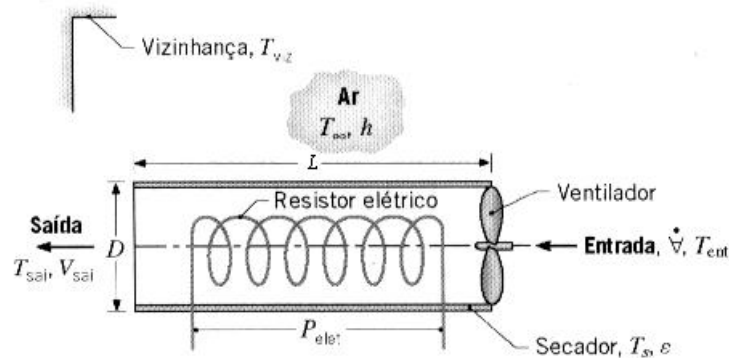
3. (Incropera, 6ed, 1.25) Uma sonda interplanetária esférica, de diâmetro $0,5 \text{ m}$, contém circuitos eletrônicos que dissipam 150 W . Se a superfície da sonda possui uma emissividade de $0,8$ e não recebe radiação de outras fontes como, por exemplo, do sol, qual a sua temperatura superficial?

Resp: $254,7 \text{ K}$

4. (Incropera, 6ed, 1.36) Um aquecedor de sangue é usado durante transfusão de sangue para um paciente. Este dispositivo deve aquecer o sangue, retirado do banco de sangue a 10°C , até 37°C a uma vazão de 200 ml/min . O sangue passa por um tubo com comprimento de 2 m e uma seção transversal retangular com $6,4 \text{ mm} \times 1,6 \text{ mm}$. A que taxa com que o calor deve ser

adicionado ao sangue para cumprir o aumento de temperatura desejado? Admita que as propriedades do sangue sejam similares às da água. Resp: 375 W.

5. (Incropera, 6 ed, 1.39) Um secador de cabelos pode ser idealizado como um duto circular através do qual um pequeno ventilador sopra ar ambiente e dentro do qual o ar é aquecido ao escoar sobre uma resistência elétrica na forma de fio helicoidal.



a) Se o aquecedor for projetado para operar com um consumo de potência elétrica $P_{elet} = 500$ W e para aquecer o ar de uma temperatura ambiente $T_{ent} = 20^\circ\text{C}$ para uma temperatura de saída $T_{sai} = 45^\circ\text{C}$, em qual vazão volumétrica \dot{V} ele deve operar? A perda de calor de seu revestimento externo para o ar ambiente e sua vizinhança pode ser desprezada. Se o duto tiver um diâmetro $D = 70$ mm, qual é a velocidade do ar na saída V_{sai} ? A densidade do ar e o calor específico do ar podem ser aproximados por $\rho = 1,10$ kg/m³ e $c_p = 1007$ J/kgK, respectivamente. Resp: 0,0181 m³/s; 4,7 m/s.

b) Considere um comprimento do duto do aquecedor de $L = 150$ mm e uma emissividade de sua superfície de $\varepsilon = 0,8$. Se o coeficiente associado à transferência de calor por convecção natural do revestimento externo para o ambiente for de $h = 4$ W/m²K, e a temperatura do ar e da vizinhança for de $T_\infty = 20^\circ\text{C}$, confirme que a perda de calor pelo revestimento externo é, de fato, desprezível. A temperatura superficial média do revestimento externo pode ser considerada igual a $T_s = 40^\circ\text{C}$. Resp: 5,97 W.

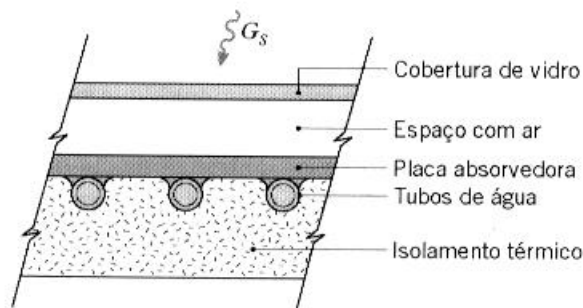
6. (Incropera, 6 ed, 1.47) Uma esfera pequena de ferro puro, com calor específico de 447 J/kgK e massa de 0,515 kg, é subitamente imersa em uma mistura gelo-água. Finos fios de termopar mantêm a esfera suspensa. Observa-se que a sua temperatura varia de 15 para 14°C em 6,35 s. O experimento é repetido com uma esfera metálica de mesmo diâmetro, com composição desconhecida e massa de 1,263 kg, com a mesma variação de temperatura observada ocorrendo em 4,59 s. Qual é o calor específico do material desconhecido? Resp: 132 J/kgK.

7. (Incropera, 6ed, 1.49) Oxigênio líquido, que possui ponto de ebulição de 90K e um calor latente de vaporização de 214 kJ/kg, é armazenado em um recipiente esférico cuja superfície externa possui um diâmetro de 500 mm e está a uma temperatura de -10°C . O recipiente é guardado em um laboratório cujo ar e paredes se encontram a 25°C . Se a emissividade da superfície é de 0,20 e o coeficiente de transferência de calor associado à convecção natural na

superfície externa do recipiente é de $10\text{W/m}^2\text{K}$, qual é a taxa, em kg/s , na qual o vapor de oxigênio deve ser retirado do sistema? Resp: $1,41 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$.

8. (Incropera, 6ed, 1.60) A parede de um forno utilizado para tratar peças plásticas possui uma espessura $L = 0,05 \text{ m}$ e a sua superfície externa está exposta ao ar e a uma grande vizinhança. O ar e a vizinhança encontram-se a 300K . Sendo a temperatura da superfície externa igual a 400K , e o seu coeficiente de transferência de calor por convecção e a sua emissividade iguais a $h = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $\varepsilon = 0,8$, respectivamente, qual é a temperatura da superfície interna, se a parede possuir uma condutividade térmica $k = 0,7 \text{ W/mK}$? Resp: 600K .

9. (Incropera, 6 ed, 1.70) Um fluxo solar de 700 W/m^2 incide sobre um coletor solar plano usado para aquecer água. A área do coletor é de 3 m^2 e 90% da radiação solar atravessam a cobertura de vidro e é absorvida pela placa absorvedora. Os 10% restantes são refletidos para fora do coletor. A água escoia através de tubos presos no lado inferior da placa absorvedora e é aquecida da temperatura de entrada T_{ent} até uma temperatura de saída T_{sai} . A cobertura do vidro, operando a uma temperatura de 30°C , tem uma emissividade de $0,94$ e troca calor por radiação com o céu a -10°C . O coeficiente convectivo entre a cobertura de vidro e o ar ambiente, a 25°C , é de $10\text{W/m}^2\text{K}$.

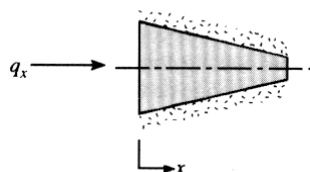


a) Faça um balanço global de energia no coletor para obter uma expressão para a taxa na qual calor útil é coletado por unidade de área do coletor, q_u'' . Determine o valor de q_u'' . Resp: 386 W/m^2 .

b) Calcule o aumento de temperatura da água, $T_{sai} - T_{ent}$, se a vazão for de $0,01 \text{ kg/s}$. Admita que o calor específico da água seja 4179 J/kgK . Resp: $27,7^\circ\text{C}$.

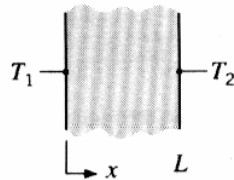
c) A eficiência do coletor η é definida como a razão entre o calor útil coletado e a taxa na qual a energia solar incide no coletor. Qual é o valor de η ? Resp: 55% .

10. (Incropera, 6 ed., 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 $q_x = 6000$ W, onde A está em metros quadrados, T em Kelvins e x em metros.

11. (Incropera, 6 ed., 2.8) Considere condições de regime estacionário na condução unidimensional em uma parede plana com uma condutividade térmica de $k = 50$ W/mK e uma espessura $L = 0,25$ m, sem geração interna de calor.

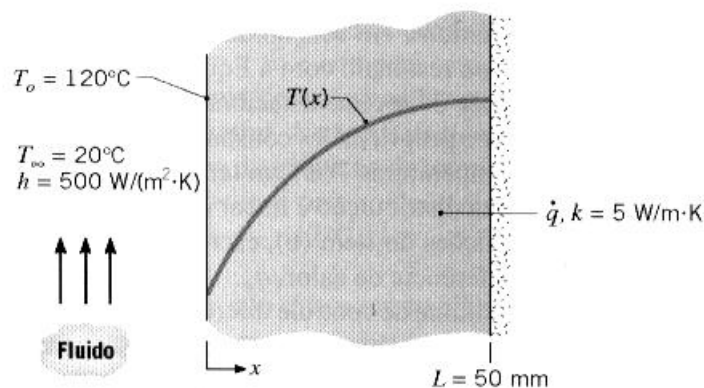


Determine o fluxo térmico e a grandeza desconhecida para cada caso mostrado na tabela e esboce a distribuição de temperatura, indicando a direção do fluxo térmico.

Caso	T_1 (°C)	T_2 (°C)	dT/dx (K/m)
1	50	-20	
2	-30	-10	
3	70		160
4		40	-80
5		30	200

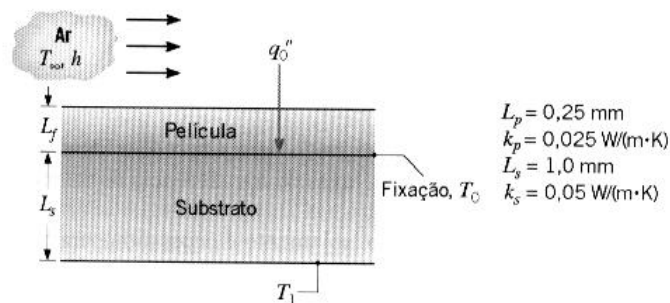
Resp: (1) -280 K/m; 14,0 kW/m²; (2) 80 K/m; -4,0 kW/m²; (3) 110°C; -8,0 kW/m²; (4) 60°C; 4,0 kW/m²; (e) -20°C; -10,0 kW/m²

12. (Incropera, 6 ed, 2.26) Condução unidimensional, em regime estacionário, com geração de energia interna uniforme ocorre em uma parede plana com espessura de 50 mm e uma condutividade térmica constante igual a 5 W/mK. Nessas condições, a distribuição de temperaturas tem a forma $T(x) = a + bx + cx^2$. A superfície em $x = 0$ está a uma temperatura $T(0) \equiv T_0 = 120$ °C. Nessa superfície, há convecção com um fluido a $T_\infty = 20$ °C com $h = 500$ W/m²K. A superfície em $x = L$ é isolada termicamente.



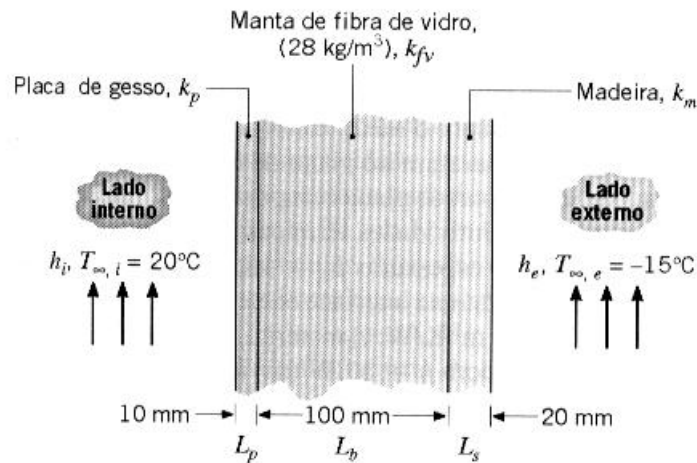
- a) Utilizando um balanço de energia global na parede, calcule a taxa de geração interna de energia. Resp: 10^6 W/m^3 .
- b) Determine os coeficientes a , b e c aplicando as condições de contorno na distribuição de temperaturas especificada. Use os resultados para calcular e representar graficamente a distribuição de temperaturas. Resp: 120°C ; 10^4 K/m ; -10^5 K/m^2 .
- c) Considere condições nas quais o coeficiente de transferência de calor por convecção seja dividido por dois, com taxa de geração interna de energia permanecendo inalterada. Determine os novos valores de a , b e c e use os resultados para representar graficamente a distribuição de temperaturas. *Sugestão*: note que $T(0)$ não é mais 120°C . Resp: 220°C ; 10^4 K/m ; -10^5 K/m^2 .
- d) Sob condições nas quais a geração interna de energia é dobrada e o coeficiente por convecção permanece inalterado ($h = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$), determine os novos valores de a , b e c e represente graficamente a distribuição de temperaturas correspondente. Referindo-se aos resultados das partes (b), (c) e (d) como Casos 1, 2 e 3, respectivamente, compare as distribuições de temperaturas para os três casos e discuta as influências de h e \dot{q} nas distribuições. Resp: 220°C ; $2 \times 10^4 \text{ K/m}$; $-2 \times 10^5 \text{ K/m}^2$.

13. (Incropera, 6 ed, 3.4) Em um processo de fabricação, uma película transparente está sendo fixada sobre um substrato, conforme mostrado no esboço. Para curar a adesão, a uma temperatura T_0 , uma fonte radiante é usada para fornecer um fluxo térmico q_0'' (W/m^2), que é totalmente absorvido na superfície de adesão. A parte inferior do substrato é mantida a T_1 , enquanto a superfície livre da película está exposta ao ar a T_∞ , com um coeficiente de transferência de calor por convecção h .



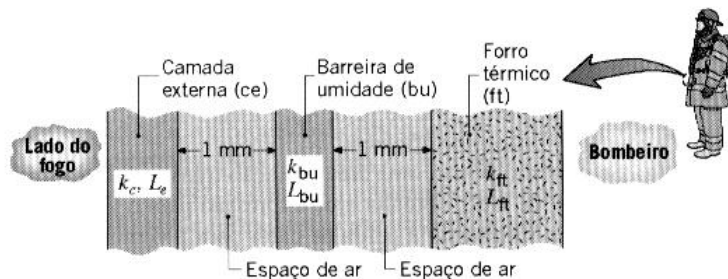
- a) Mostre o circuito térmico que representa a situação de transferência de calor em regime estacionário. Certifique-se de que sejam identificados *todos* os elementos, nós e taxas de transferência de calor. Deixe na forma simbólica.
- b) Suponha as seguintes condições: $T_\infty = 20^\circ\text{C}$, $h = 50 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $T_1 = 30^\circ\text{C}$. Calcule o fluxo térmico q_0'' que é necessário para manter a temperatura da superfície de adesão em $T_0 = 60^\circ\text{C}$. Resp: 2830 W/m^2 .

14. (Incropera, 6 ed, 3.13) Uma casa possui uma parede composta com camadas de madeira, isolamento à base de fibra de vidro e placa de gesso, como indicado no esboço. Em um dia frio de inverno, os coeficientes de transferência de calor por convecção são $h_e = 60 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $h_i = 30 \text{ W/m}^2\text{K}$. A área total da superfície da parede é de 350 m^2 .



- Determine uma expressão simbólica para a resistência térmica total da parede, incluindo os efeitos da convecção nas superfícies interna e externa, para as condições especificadas.
- Determine a perda total de calor através da parede. Resp: 4,21 kW
- Se o vento soprar violentamente, aumentando h_e para 300 W/m²K, determine o aumento percentual na perda de calor. Resp: 0,6%
- Qual é a resistência dominante que determina a quantidade de calor que atravessa a parede?

15. (Incropera, 6 ed, 3.19) Uma veste protetora para bombeiros, identificada como um *turnout coat*, é tipicamente construída com um conjunto de três camadas separadas por espaços de ar, como mostrado esquematicamente.



Dimensões representativas e condutividades térmicas das camadas são apresentadas a seguir.

Camada\	Espessura [mm]	k [W/mK]
Camada externa (ce)	0,8	0,047
Barreira de umidade (bu)	0,55	0,012
Forro térmico (ft)	3,5	0,038

Os espaços de ar entre as camadas têm 1 mm de espessura e o calor é transferido nesta região por condução e por troca radiante através do ar estagnado. O coeficiente radiante linearizado para um espaço pode ser aproximado por $h_{rad} = \sigma(T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2) \approx 4\sigma T_{med}^3$, onde T_{med} representa a temperatura média das superfícies limites do espaço. Desta forma, o fluxo radiante através do espaço pode ser representado por $q_{rad} = h_{rad}(T_1 - T_2)$.

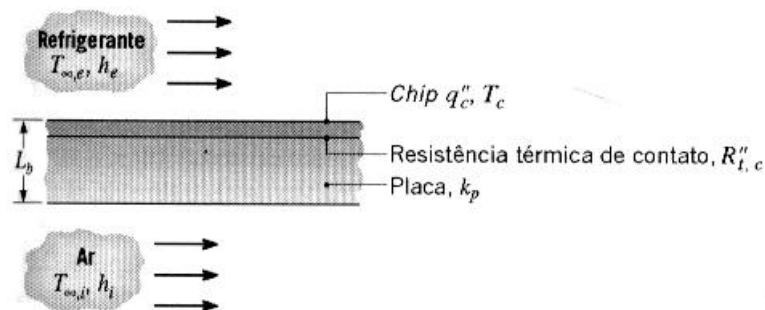
- Represente o *turnout coat* por um circuito térmico, identificando todas as resistências térmicas. Calcule e coloque em uma tabela as resistências térmicas por unidade de área

[m²K/W] para cada uma das camadas, assim como para os processos de condução e radiação nos espaços de ar. Admita que um valor de $T_{med} = 470$ K possa ser usado para aproximar a resistência radiante em ambos os espaços. Comente sobre a magnitude relativa das resistências.

b) Para um ambiente típico de fogo no qual bombeiros freqüentemente trabalham, o fluxo térmico radiante típico no lado do fogo do *turnout coat* é de 0,25 W/cm². Qual é a temperatura da superfície externa do *turnout coat* se a temperatura da superfície interna for de 66°C, uma condição que resultaria em uma queimadura? Resp: 327°C.

16. (Incropera, 6 ed, 3.20) Uma parede composta separa gases de combustão a 2600°C de um líquido refrigerante a 100°C, com coeficientes de transferência de calor no lado do gás e no do líquido iguais a 50 e 1000 W/m²K. A parede é composta por uma camada de espessura igual a 10 mm de óxido de berílio no lado do gás e uma placa de 20 mm de espessura de aço inoxidável (AISI 304) no lado do líquido. A resistência de contato entre o óxido e o aço é de 0,05 m²K/W. Qual é a perda de calor por unidade de área da superfície na parede composta? Esboce a distribuição de temperaturas do gás para o líquido. Resp: 34.600 W/m².

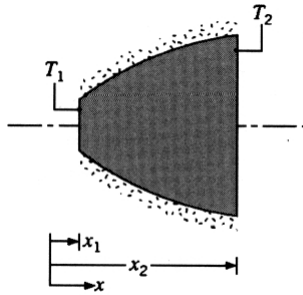
17. (Incropera, 6 ed, 3.27) Aproximadamente 10⁶ componentes elétricos discretos podem ser colocados em um único circuito integrado (*chip*), com uma dissipação térmica na ordem de 30.000 W/m². O *chip*, que é muito fino, tem a sua superfície externa exposta a um líquido dielétrico com $h_e = 1000$ W/m²K e $T_{\infty,e} = 20$ °C, e a sua superfície interna está conectada à placa de circuito. A resistência térmica de contato entre o *chip* e a placa é de 10⁻⁴ m²K/W e a espessura e a condutividade térmica da placa são $L_p = 5$ mm e $k_p = 1$ W/mK, respectivamente. A outra superfície da placa está exposta ao ar ambiente, no qual $h_i = 40$ W/m²K e $T_{\infty,i} = 20$ °C.



a) Esboce o circuito térmico equivalente para condições de regime estacionário. Usando variáveis, identifique as resistências térmicas apropriadas, as temperaturas e os fluxos térmicos.

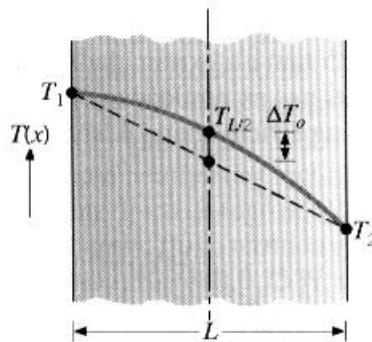
b) Sob condições de regime estacionário nas quais um fluxo térmico dissipado no chip é $q_c'' = 30.000$ W/m², qual é a temperatura do *chip*? Resp: 49°C.

18. (Incropera, 3.29) O diagrama mostra uma seção cônica fabricada em puro alumínio. Ela possui uma seção reta circular com diâmetro $D = ax^{1/2}$, onde $a = 0,5$ m^{1/2}. A menor extremidade está localizada em $x_1 = 25$ mm, e a maior, em $x_2 = 125$ mm. As temperaturas nas extremidades são $T_1 = 600$ K e $T_2 = 400$ K, enquanto a superfície lateral encontra-se termicamente isolada.



- a) Desenvolva uma expressão para a distribuição de temperatura $T(x)$, supondo condições unidimensionais. Esboce a distribuição de temperatura.
- b) Calcule a taxa de transferência de calor q_x . Resp: 5,76 kW.

19. (Incropera, 6 ed, 3.33) Medidas mostram que a condução de regime estacionário através de uma parede plana, sem geração de calor, produz uma distribuição de temperaturas convexa, de tal forma que a temperatura no centro é ΔT_0 superior àquela que seria esperada para uma distribuição de temperaturas linear.

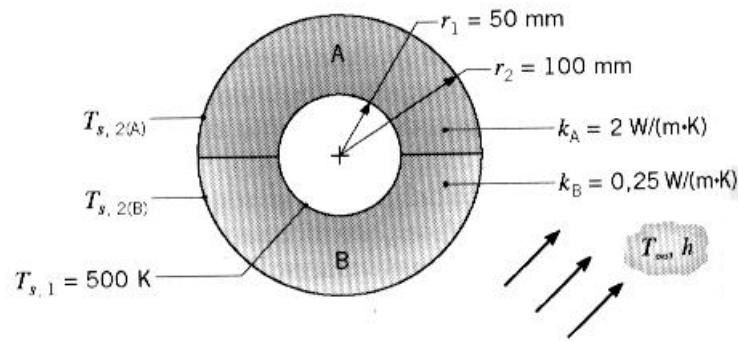


Supondo que a condutividade térmica apresente uma dependência linear com a temperatura, $k = k_0(1 + \alpha T)$, onde α é uma constante, desenvolva uma relação para determinar α em termos de ΔT_0 , T_1 e T_2 .

20. (Incropera, 6 ed, 3.39) Um tubo de aço inoxidável (AISI 304) usado para transportar um fluido farmacêutico refrigerado tem um diâmetro interno de 36 mm e uma espessura de parede de 2 mm. O fluido farmacêutico e o ar ambiente estão, respectivamente, nas temperaturas de 6°C e 23°C, enquanto os coeficientes convectivos interno e externo são 400 W/m²K e 6 W/m²K, respectivamente.

- a) Qual é o ganho de calor por unidade de comprimento do tubo? Resp: 12,6 W/m.
- b) Qual é o ganho de calor por unidade de comprimento, se uma camada de 10 mm de isolante de silicato de cálcio ($k_{iso} = 0,050$ W/mK) for colocada sobre a superfície externa do tubo? Resp: 7,7 W/m.

21. (Incropera, 6 ed, 3.52) Vapor d'água escoando em um longo tubo, com parede delgada, mantém a sua parede a uma temperatura uniforme de 500 K. O tubo é coberto por uma manta de isolamento composta por dois materiais diferentes, A e B.



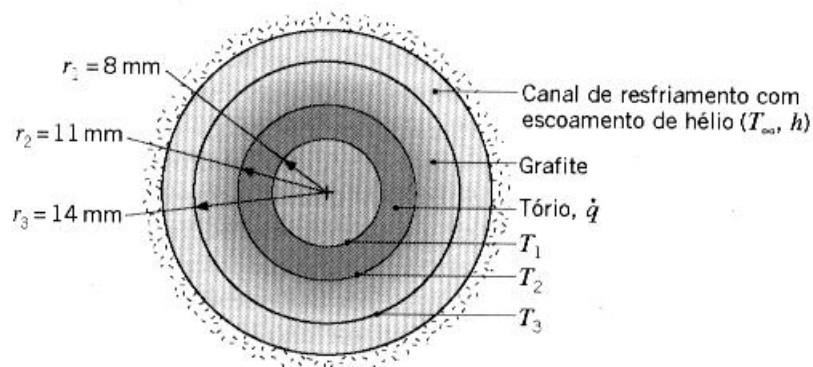
Pode-se supor que há, na interface entre os dois materiais, uma resistência de contato infinita. Toda a superfície externa está exposta ao ar, para o qual $T_{\infty} = 300 \text{ K}$ e $h = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$.

a) Esboce o circuito térmico do sistema. Identifique (usando os símbolos propostos) todos os nós e resistências pertinentes.

b) Para as condições especificadas, qual é a perda de calor total para o ambiente? Quais são as temperaturas na superfície externa, $T_{s,2(A)}$ e $T_{s,2(B)}$? Resp: 1040 W/m^2 ; 407 K ; 325 K .

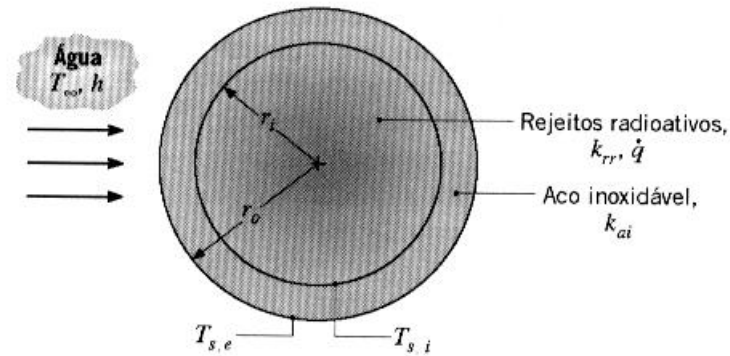
22. (Incropera, 6 ed, 3.72) Uma parede plana, com espessura de $0,1 \text{ m}$ e condutividade térmica de $25 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, apresenta uma taxa volumétrica de geração de calor uniforme de $0,3 \text{ MW/m}^3$ e está isolada em um de seus lados, enquanto o outro encontra-se exposto a um fluido 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. Resp: 212°C .

23. (Incropera, 6 ed, 3.91) Um reator nuclear de alta temperatura com resfriamento a gás é formado por uma parede cilíndrica composta, na qual um elemento combustível de tório ($k \approx 57 \text{ W/mK}$) encontra-se envolto em grafite ($k \approx 3 \text{ W/mK}$) e hélio gasoso escoava através de um canal anular de resfriamento. Considere condições nas quais a temperatura do hélio é de $T_{\infty} = 600 \text{ K}$ e o coeficiente convectivo na superfície externa do grafite é de $h = 2000 \text{ W/m}^2\text{K}$.



a) Se energia térmica é gerada uniformemente no elemento combustível a uma taxa $\dot{q} = 10^8 \text{ W/m}^3$, quais são as temperaturas T_1 e T_2 nas superfícies interna e externa, respectivamente, do elemento combustível? Resp: 938 K ; 931 K .

24. (Incropera, 6 ed, 3.95) Rejeitos radioativos ($k_{rr} = 20 \text{ W/mK}$) são armazenados em um recipiente esférico de aço inoxidável ($k_{ai} = 15 \text{ W/mK}$), com raios interno e externo iguais a $r_i = 0,5 \text{ m}$ e $r_e = 0,6 \text{ m}$. Calor é gerado no interior dos rejeitos a uma taxa volumétrica uniforme $\dot{q} = 10^5 \text{ W/m}^3$ e a superfície externa do recipiente está exposta a um escoamento de água no qual $h = 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $T_\infty = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

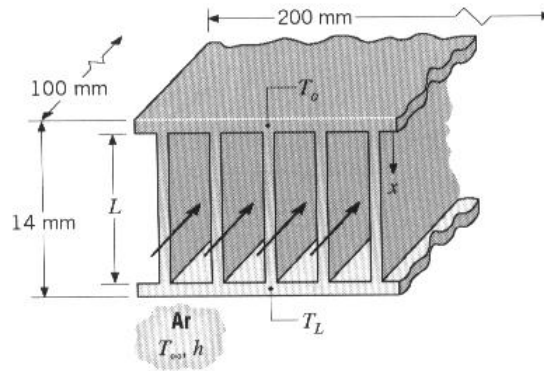


- Calcule a temperatura da superfície externa $T_{s,e}$ em condições de regime estacionário.
Resp: $36,6^\circ\text{C}$.
- Calcule a temperatura da superfície interna $T_{s,i}$ em condições de regime estacionário.
Resp: $129,4^\circ\text{C}$.
- Obtenha uma expressão para a distribuição de temperaturas, $T(r)$, nos rejeitos radioativos. Expresse o seu resultado em termos de r_i , $T_{s,i}$, k_{rr} e \dot{q} . Calcule a temperatura em $r = 0$.
Resp: $337,7^\circ\text{C}$.

25. (Incropera, 6 ed, 3.119) Um longo bastão circular de alumínio tem uma de suas extremidades fixada a uma parede aquecida e transfere calor por convecção para um fluido frio.

- Se o diâmetro do bastão fosse triplicado, qual seria a mudança na taxa de remoção de calor através do bastão? Resp: 420%
- Se um bastão de cobre com o mesmo diâmetro fosse usado em lugar do bastão de alumínio, qual seria a mudança na taxa de remoção de calor através do bastão? Resp: 29%.

26. (Incropera, 6 ed, 3.130) Passagens aletadas são freqüentemente formadas entre placas paralelas para melhorar a transferência de calor por convecção no núcleo de trocadores de calor compactos. Uma importante aplicação é no resfriamento de equipamentos eletrônicos, onde uma ou mais estantes de aletas, resfriadas a ar, são colocadas entre componentes eletrônicos que dissipam calor. Seja uma única estante de aletas retangulares, com comprimento L e espessura t , com condições de transferência de calor por convecção correspondentes a h e T_∞ .



- a) Obtenha expressões para as taxas de transferência de calor nas aletas, $q_{a,0}$ e $q_{a,L}$, em termos das temperaturas nas extremidades, T_0 e T_L .
- b) Em uma aplicação específica, uma estante de aletas com 200 mm de largura e 100 mm de profundidade, contém 50 aletas de comprimento $L = 12$ mm. A estante completa é feita em alumínio e todas as placas possuem espessura de 1,0 mm. Se limitações de temperatura associadas aos componentes elétricos fixados às placas opostas ditam que as temperaturas máximas permitidas nestas placas são de $T_0 = 400$ K e $T_L = 350$ K, quais são as dissipações máximas de potência correspondentes se $h = 150$ W/m²K e $T_\infty = 300$ K?
 Resp: 5995 W; -4278W.

27. (Incropera, 6 ed, 3.146) É proposto resfriar com ar os cilindros de uma câmara de combustão através da fixação de um revestimento de alumínio com aletas anulares ($k = 240$ W/mK) à parede do cilindro ($k = 50$ W/mK). O ar está a 320 K e o coeficiente de transferência de calor correspondente será de 100 W/m²K. Embora o aquecimento na superfície interna seja periódico, é razoável supor condições de regime estacionário com fluxo térmico médio no tempo de $q_i'' = 10^5$ W/m². Considerando desprezível a resistência de contato entre a parede e o revestimento, determine a temperatura interna da parede T_i , a temperatura da interface T_1 e a temperatura na base das aletas T_b . Determine essas temperaturas tamb[em se a resistência de contato na interface fosse de $R_{t,c}'' = 10^{-4}$ m²K/W.
 Resp: (a) 394 K; 383 K; 381 K; (b) 403 K; 392 K; 382 K.

