

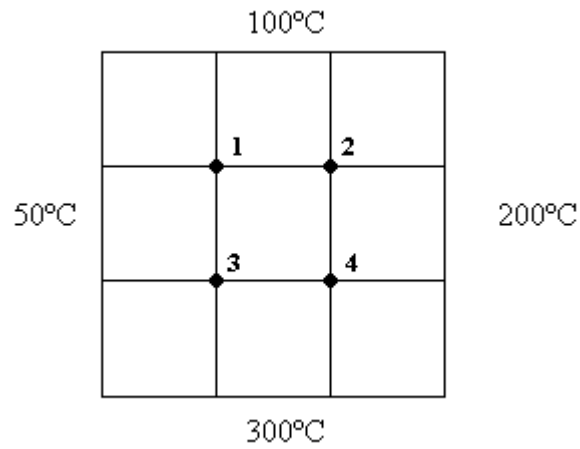
TM-114 Transferência de calor
Turma B

Condução Multidimensional em Regime Permanente

Lista de Exercícios

- (Incropera, 4ed., ex. 4.16) Usando as relações para as resistências térmicas desenvolvidas no Capítulo 3 (condução unidimensional em regime estacionário), determine as expressões para os fatores de forma das seguintes geometrias:
 - Parede plana, casca cilíndrica e casca esférica.
 - Esfera isotérmica de diâmetro D enterrada em um meio infinito.
- (Incropera, 4ed., ex. 4.21) Um aquecedor elétrico com 100 mm de comprimento e 5 mm de diâmetro é inserido no interior de um orifício perfurado perpendicularmente à superfície de um grande bloco, que é feito de um material cuja condutividade térmica é de $5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Estime a temperatura atingida pelo aquecedor quando ele dissipa 50 W e a temperatura na superfície do bloco é de 25°C .
- (Incropera, 4ed., ex. 4.25) Água quente a 85°C escoia através de um tubo de cobre com paredes delgadas e diâmetro de 30 mm. O tubo encontra-se no interior de uma casca cilíndrica excêntrica, mantida a 35°C , e com diâmetro de 120 mm. A excentricidade, definida como a distância entre os centros do tubo e da casca, é de 20 mm. O espaço entre o tubo e a casca é preenchido com um material isolante que possui condutividade térmica de $0,05 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Calcule a perda de calor por unidade de comprimento do tubo e compare o seu resultado com a perda de calor para um sistema com arranjo concêntrico.
- (Incropera, 4ed., ex. 4.34) Um componente eletrônico com forma de um disco de 20 mm de diâmetro dissipa 100 W quando montado sobre um grande bloco de uma liga de alumínio (2024), cuja temperatura é mantida em 27°C . A configuração de montagem do sistema é tal que existe uma resistência térmica de contato de $R''_{tc} = 5 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K/W}$ na interface entre o componente eletrônico e o bloco.
 - Calcule a temperatura que o componente atingirá, supondo que toda a potência gerada deva ser transferida por condução para o bloco.
 - Com o objetivo de utilizar o componente com um nível mais elevado de dissipação de potência, um projetista propõe que um sorvedouro de calor aletado seja fixado ao seu topo. As aletas, em forma de pino, e o material que as serve de base são fabricados em cobre ($k = 400 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) e estão expostos a uma corrente de ar a 27°C , com um coeficiente de transferência de calor por convecção de $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$. Para a temperatura do componente calculada na parte (a), qual é a sua potência de operação permissível?
- (Incropera, 4ed., ex. 4.45) Seja uma aleta unidimensional, com área de seção uniforme, isolada na sua extremidade, $x = L$. A temperatura na base da aleta T_b , a temperatura do fluido adjacente T_∞ bem como o coeficiente de transferência de calor por convecção h e a condutividade térmica k são conhecidos.
 - Desenvolva a equação em diferenças finitas para qualquer nodo interior m .
 - Desenvolva a equação em diferenças finitas para um nodo n localizado na extremidade isolada da aleta.
- Considere a transferência de calor bidimensional em um sistema de coordenadas cartesianas, em regime estacionário, com geração volumétrica de calor. Desenvolva a equação em diferenças finitas para qualquer nodo interior m , considerando-se uma malha uniforme ($\Delta x = \Delta y$)

7. (Incropera, 4ed., ex. 4.53) Seja a condução de calor bidimensional, em regime estacionário, em uma seção reta quadrada com temperaturas superficiais conhecidas.



- Determine as temperaturas nos nodos 1, 2, 3 e 4. Estime a temperatura no ponto central
- Estime os fluxos de calor para cada um dos pontos.

TM-114 Transferência de calor Turma B

Condução em Regime Transiente

Lista de Exercícios

1. (Incropera, 4ed., ex. 5.5) Bolas de aço com 12 mm de diâmetro são temperadas pelo aquecimento a 1.150 K seguido pelo resfriamento lento até 400 K ao ar a $T_\infty = 325$ K, com $h = 20$ W/m²K. Supondo que as propriedades do aço sejam $k = 40$ W/m·K, $\rho = 7.800$ kg/m³ e $c_p = 600$ J/kg·K, estime o tempo necessário para o processo de resfriamento.
2. (Incropera, 4ed., ex. 5.6) O coeficiente de transferência de calor para o ar escoando sobre uma esfera deve ser determinado pela observação do comportamento dinâmico da temperatura de uma esfera, que é fabricada em puro cobre. A esfera, que possui 12,7 mm de diâmetro, encontra-se a 66°C antes de ser inserida em uma corrente de ar a 27°C. Um termopar sobre a superfície externa da esfera indica uma temperatura de 55°C após transcorridos 69s da inserção da esfera na corrente de ar. Admita, e então justifique, que a esfera se comporta como um objeto espacialmente isotérmico e calcule o coeficiente de transferência de calor por convecção.
3. (Incropera, 4ed., ex. 5.25) Um circuito integrado, *chip*, que possui um comprimento lateral $L=5$ mm e uma espessura $t=1$ mm, é encaixado no interior de um substrato cerâmico. Sua superfície exposta é resfriada por convecção por um líquido dielétrico com $h=150$ W/m²K e $T_\infty = 20$ °C. Quando desligado, o *chip* encontra-se em equilíbrio térmico com o refrigerante ($T_i = T_\infty$). Quando o *chip* é energizado, sua temperatura aumenta até que uma nova condição de regime estacionário seja alcançada. Na análise a seguir, o *chip* energizado é caracterizado por um aquecimento volumétrico uniforme com $q=9 \times 10^6$ W/m³. Supondo uma resistência térmica de contato entre o *chip* e o substrato infinita e uma resistência térmica condutiva no interior do *chip* desprezível, determine a temperatura do *chip* em regime estacionário, T_f . Após a ativação do *chip*, quanto tempo ele leva para atingir uma temperatura de 1°C inferior à temperatura do regime estacionário? A densidade e o calor específico do *chip* são $\rho=2000$ kg/m³ e $c_p = 700$ J/kg·K, respectivamente.
4. (Incropera, 4 ed., ex. 5.30) Após uma longa e cansativa semana sobre os livros, você e seu amigo estão prontos para relaxar. Você tira do congelador um bife com 50mm de espessura. Quanto tempo você deve aguardar até que ocorra o descongelamento do bife? Suponha que o bife se encontra inicialmente a uma temperatura de -6°C e que o descongelamento se complete quando a temperatura no seu plano intermediário atinge 4°C. A temperatura ambiente é de 23°C, com um coeficiente de transferência de calor por convecção de 10W/m²K. Trate o bife como se ele fosse uma chapa que possui as propriedades termofísicas da água líquida a 0°C. Despreze o calor de fusão associado à mudança de fase durante o processo de descongelamento do bife.
5. (Incropera, 4ed., ex. 5.52) Uma pedra esférica de granizo, com 5mm de diâmetro, é formada a -30°C em uma nuvem localizada a uma altitude elevada. Se a pedra começa a cair através do ar mais quente, a 5°C, quanto tempo levará até que sua superfície externa comece a derreter? Qual é a temperatura no centro da pedra de granizo nesse instante, e quanta energia (J) foi transferida para a pedra até esse momento? Utilize um coeficiente de transferência de calor por convecção de 250W/m²K e considere as propriedades do granizo idênticas às do gelo.
6. (Incropera, 4ed., ex. 5.65) Um procedimento para determinar a condutividade térmica de um material sólido envolve embutir um termopar em uma espessa chapa do material e medir a resposta a uma determinada mudança de temperatura em uma superfície. Considere um arranjo no qual o termopar está posicionado 10mm abaixo da superfície, que tem sua temperatura subitamente

elevada e mantida a 100°C pela exposição à água em ebulição. Se a temperatura inicial da chapa era de 30°C e o termopar mede 65°C , 2 minutos após a superfície atingir 100°C , qual a condutividade térmica do material? A densidade e o calor específico do material são 2200 kg/m^3 e $700\text{J/kg}\cdot\text{K}$, respectivamente.

7. (Incropera, 4ed., ex.5.73) Um longo lingote de aço (aço-carbono, não-ligado), com seção reta quadrada de $0,3\text{m}$ por $0,3\text{ m}$ e inicialmente a uma temperatura uniforme de 30°C , é colocado no interior de um forno que se encontra a uma temperatura de 750°C . Se o coeficiente de transferência de calor para o processo de aquecimento é de $100\text{W/m}^2\text{K}$, quanto tempo o lingote deve permanecer no interior do forno até que a temperatura do seu centro atinja 600°C ?

8. (Incropera, 4ed., ex. 5.90 – modificado) Uma placa de grande espessura, com difusividade térmica de $5,6 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$ e condutividade térmica de $20\text{W/m}\cdot\text{K}$, está inicialmente a uma temperatura uniforme de 325°C . De repente, a sua superfície é exposta a uma substância refrigerante que se encontra a 15°C e mantém um coeficiente de transferência de calor por convecção de $100\text{W/m}^2\text{K}$. Usando o método de diferenças finitas com um incremento espacial de $\Delta x = 15\text{ mm}$ e um incremento no tempo de 20 s , determine as temperaturas na superfície e a uma profundidade de 45 mm , passado 1 min do início do processo.