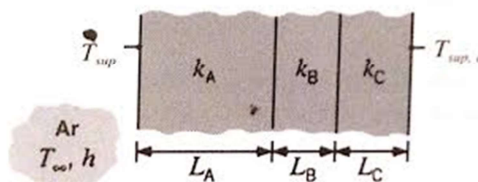


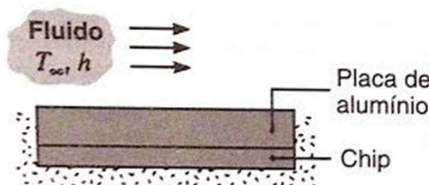
LISTA DE EXERCÍCIOS

- 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 a 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 .
- 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 a 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.



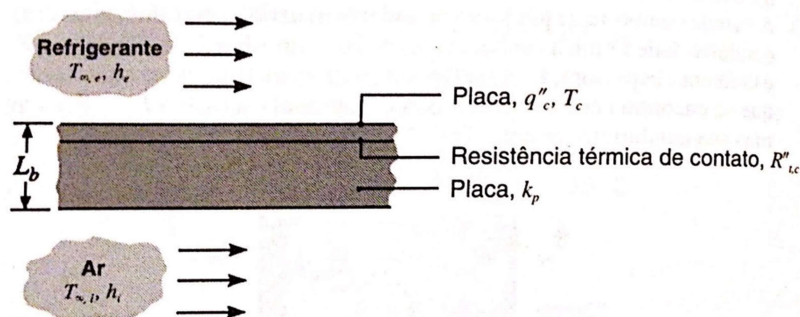
Em condições de operação em regime estacionário, medidas revelam uma temperatura na superfície externa do forno de $T_{sup,e} = 20^\circ\text{C}$, uma temperatura na superfície interna de $T_{sup,i} = 600^\circ\text{C}$ e uma temperatura do ar no interior do forno de $T_{\infty} = 800^\circ\text{C}$.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

- 3.24** Um circuito integrado (*chip*) de silício é encapsulado de tal modo que, sob condições de regime estacionário, toda a potência por ele dissipada é transferida por convecção para uma corrente de fluido, na qual $h = 1.000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ e $T_{\infty} = 25^\circ\text{C}$. O *chip* está separado do fluido por uma placa de alumínio, que tem 2 mm de espessura. A resistência de contato na interface entre o *chip* e o alumínio é de $0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.



Se a área superficial do *chip* é de 100 mm^2 e a sua temperatura máxima permissível é de 85°C , qual a potência máxima que pode ser dissipada pelo *chip*?

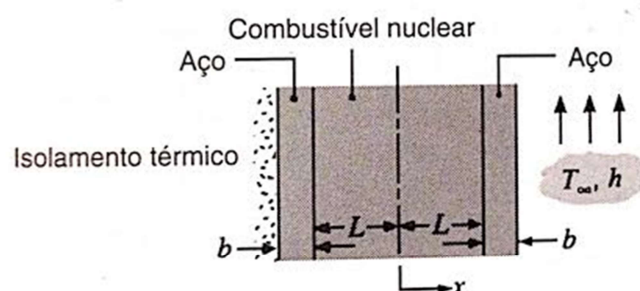
- 3.25 Aproximadamente 10^6 componentes elétricos discretos podem ser colocados em um único circuito integrado (*chip*), com uma dissipação térmica na ordem de 30.000 W/m^2 . O *chip*, que é muito fino, tem sua superfície externa exposta a um líquido dielétrico, com $h_e = 1.000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ e $T_{\infty,e} = 20^\circ\text{C}$, enquanto sua superfície interna está conectada à placa de circuito impresso. A resistência térmica de contato entre o *chip* e a placa é de $10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, e a espessura e condutividade térmica da placa são de $L_p = 5 \text{ mm}$ e $k_p = 1 \text{ W/m} \cdot \text{K}$, respectivamente. A outra superfície da placa está exposta ao ar ambiente, onde $h_i = 40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ e $T_{\infty,i} = 20^\circ\text{C}$.



- Esboce o circuito térmico equivalente para condições de regime estacionário. Identifique as resistências, temperaturas e fluxos térmicos.
- Sob condições de regime estacionário e para um fluxo dissipado de calor no *chip* de $q''_c = 30.000 \text{ W/m}^2$, qual é a temperatura do *chip*?
- (c) O fluxo térmico máximo permitido, $q''_{c,m}$, é determinado pela limitação de que a temperatura do *chip* não deve exceder 85°C . Determine o valor de $q''_{c,m}$ para as condições anteriores. Se ar for utilizado no lugar do líquido dielétrico, o coeficiente de transferência de calor por convecção é reduzido em aproximadamente uma ordem de grandeza. Qual o valor de $q''_{c,m}$ para $h_e = 100 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$? Informar se com o resfriamento utilizando ar é possível obter melhorias significativas na transferência de calor usando-se uma placa de circuito impresso feita em óxido de alumínio e/ou empregando-se uma pasta condutiva na interface entre o *chip* e a placa, para a qual $R''_{tc} = 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$?

- 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 $500 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Determine a temperatura máxima na parede.

- ser ligado e após ele permanecer em funcionamento por algum tempo.
- 3.72 Um elemento de combustível nuclear, com espessura $2L$, é coberto com um revestimento de aço que possui espessura b . O calor gerado no interior do combustível, a uma taxa \dot{q} , é removido por um fluido a T_∞ , que se encontra em contato com uma das superfícies. O coeficiente de convecção nesta superfície é h . A outra superfície encontra-se isolada termicamente. O combustível e o aço possuem condutividades térmicas k_c e k_a , respectivamente.



- (a) Obtenha uma equação para a distribuição de temperatura $T(x)$ no combustível nuclear. Expresse seus resultados em termos de \dot{q} , k_c , L , b , k_a , h e T_∞ .
- (b) Esboce a distribuição de temperatura $T(x)$ em todo o sistema.

- 3.76 A superfície exposta ($x = 0$) de uma parede plana, com condutividade térmica k , está sujeita à radiação de microondas, 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 .