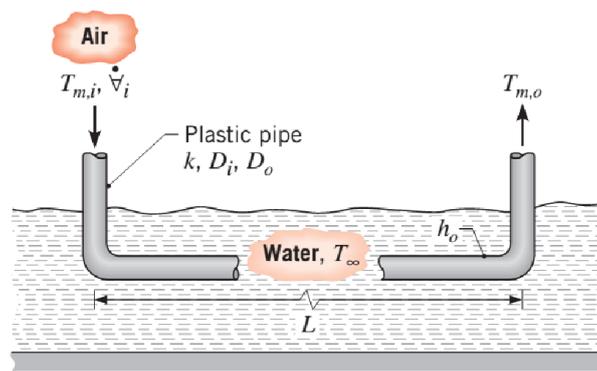


# MEC010 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

## Lista de Exercícios 03

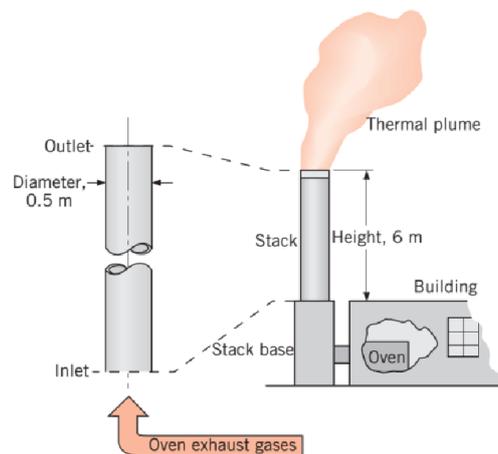
1. **Problema 8.31 (Incropera):** Para refrigerar uma casa de verão sem usar um ciclo de refrigeração por compressão de vapor, ar é passado por um tubo plástico ( $k = 0,15 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ,  $D_i = 0,15 \text{ m}$ ,  $D_e = 0,17 \text{ m}$ ), que está submerso em um corpo de água próximo à casa. A temperatura da água no corpo de água é de  $T_\infty = 17 \text{ }^\circ\text{C}$  e um coeficiente convectivo de  $h_e = 1500 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  é mantido na superfície externa do tubo.

Se o ar vindo da casa entra no tubo com uma temperatura de  $T_{m,\text{ent}} = 29 \text{ }^\circ\text{C}$  e a uma vazão volumétrica  $\dot{V}_{\text{ent}} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$ , qual comprimento do tubo é necessário para se ter uma temperatura na sua saída de  $T_{m,\text{sai}} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Qual é a potência do soprador necessária para passar o ar através do comprimento do tubo, sendo sua superfície interna lisa?



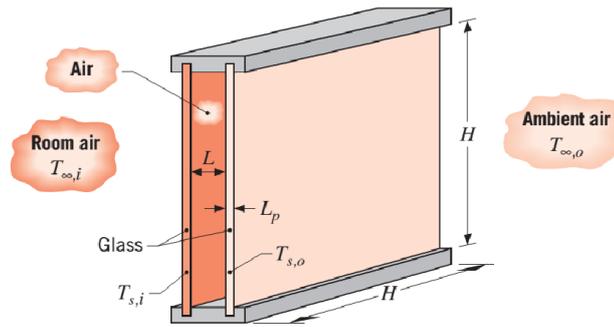
2. **Problema 8.44 (Incropera):** Os produtos de combustão de um queimador são direcionados para uma aplicação industrial através de um tubo metálico de parede delgada, com diâmetro  $D_i = 1 \text{ m}$  e comprimento  $L = 100 \text{ m}$ . O gás entra no tubo a pressão atmosférica, com temperatura média e velocidade de  $T_{m,\text{ent}} = 1600 \text{ K}$  e  $u_{m,\text{ent}} = 10 \text{ m/s}$ , respectivamente. Ele tem que sair do tubo com uma temperatura não inferior a  $T_{m,\text{sai}} = 1400 \text{ K}$ . Qual é a espessura mínima de um isolamento de alumina-sílica ( $k_{\text{iso}} = 0,125 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ) necessária para satisfazer a exigência na saída no caso das piores condições, que são o tubo exposto ao ar ambiente a  $T_\infty = 250 \text{ K}$  e com uma velocidade de escoamento cruzado  $V = 15 \text{ m/s}$ ? As propriedades do gás podem ser aproximadas pelas do ar e, como uma primeira estimativa, o efeito da espessura do isolante no coeficiente convectivo e na resistência térmica associada ao escoamento cruzado pode ser desprezado.

3. **Problema 8.59 (Incropera):** Os gases de exaustão de um forno de processamento de fios são descarregados em uma grande chaminé e as temperaturas do gás e da superfície na saída da chaminé devem ser estimadas. O conhecimento da temperatura de saída do gás  $T_{m,sai}$  é útil para prever a dispersão dos efluentes na pluma térmica, enquanto o conhecimento da temperatura da superfície na saída da chaminé  $T_{s,sai}$  indica se irá ocorrer a condensação dos produtos gasosos. A chaminé cilíndrica e com parede delgada tem 0,5 m de diâmetro e 6,0 m de altura. A vazão dos gases de exaustão é de 0,5 kg/s e a temperatura de entrada dos gases é de 600 °C.
- Considere condições nas quais a temperatura do ar ambiente e a velocidade do vento são de 4 °C e 5 m/s, respectivamente. Aproximando as propriedades termofísicas do gás por aquelas do ar atmosférico, estime as temperaturas de saída do gás e da superfície da chaminé em sua saída para as condições dadas.
  - A temperatura de saída do gás é sensível a variações na temperatura do ar ambiente e na velocidade do vento. Para  $T_{\infty} = -25$  °C, 5 °C e 35 °C, calcule e represente graficamente a temperatura de saída do gás em função da velocidade do vento para  $2 \leq V \leq 10$  m/s.

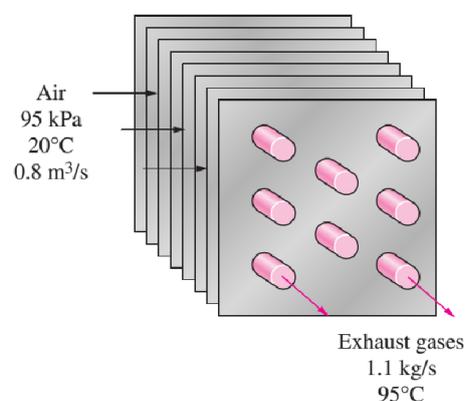


4. **Problema 9.26 (Incropera):** Considere um experimento para investigar a transição para o escoamento turbulento em uma camada-limite de convecção natural que se desenvolve ao longo de uma placa vertical suspensa em uma grande sala. A placa é constituída por um aquecedor fino posicionado entre duas placas de alumínio e pode ser considerada isotérmica. A placa aquecida tem 1 m de altura e 2 m de largura. O ar quiescente e a vizinhança estão a 25 °C.
- As superfícies expostas da placa de alumínio são cobertas com um revestimento muito fino de alta emissividade ( $\epsilon = 0,95$ ). Determine a potência elétrica que tem que ser fornecida ao aquecedor para manter a placa a uma temperatura de  $T_s = 35$  °C. Qual

- parcela da placa está exposta às condições turbulentas na camada-limite de convecção natural?
- b. O responsável pelo experimento especula que a rugosidade do revestimento está afetando a transição para a turbulência na camada-limite e decide remover o revestimento e polir a superfície do alumínio ( $\varepsilon = 0,05$ ). Se a mesma potência for fornecida à placa como na parte (a), qual será a temperatura da placa em regime estacionário? Qual parcela da placa está exposta às condições turbulentas na camada- limite de convecção natural?
5. **Problema 9.44 (Incropera):** O teto horizontal não isolado termicamente de um forno de fundição de alumínio, com dimensões de 4 m por 4 m, é composto por uma camada de tijolos refratários, com 0,08 m de espessura, coberta por uma chapa de aço (AISI 1010) com 5 mm de espessura. A superfície do refratário exposta aos gases do forno é mantida, durante a operação, a uma temperatura de 1700 K, enquanto a superfície externa do aço encontra-se exposta ao ar e as paredes de uma grande sala a 25 °C. A emissividade do aço é de  $\varepsilon = 0,3$ .
- a. Qual é a taxa de perda de calor pelo teto do forno?
- b. Se uma camada com 20 mm de espessura de um isolante térmico à base de alumina-sílica ( $64 \text{ kg/m}^3$ ) for colocada entre os tijolos refratários e a chapa de aço, qual será a nova taxa de perda de calor pelo teto do forno? Qual será a temperatura na superfície interna da camada do isolante?
- c. Um dos engenheiros de processo afirma que a temperatura da superfície interna da camada de isolamento térmico determinada na parte (b) é muito elevada para uma operação segura e durável. Qual espessura da camada de tijolos refratários iria reduzir essa temperatura para 1350 K?
6. **Problema 9.95 (Incropera):** Uma janela de vidro duplo, vertical, que tem 1 m de lado e um espaço de 25 mm preenchido com ar atmosférico, separa o ar quiescente de uma sala a  $T_{\infty,i} = 20 \text{ °C}$  do ar ambiente externo, também quiescente, a  $T_{\infty,e} = -20 \text{ °C}$ . As trocas radiantes entre as lâminas de vidro, assim como entre as lâminas de vidro e os seus ambientes adjacentes, podem ser desprezadas.
- a. Desprezando a resistência térmica associada à transferência de calor por condução através de cada lâmina de vidro, determine a temperatura correspondente de cada lâmina e a taxa de transferência de calor através da janela.
- b. Comente sobre a validade de se desprezar a resistência condutiva nas lâminas de vidro, se cada uma tiver uma espessura de  $L_v = 6 \text{ mm}$ .



7. **Problema 11-15 (Çengel):** Um trocador de calor de tubo duplo é construído com um tubo interno de cobre ( $k = 380 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ) de diâmetro interno  $D_i = 1,2 \text{ cm}$ , diâmetro externo  $D_o = 1,6 \text{ cm}$  e um tubo externo de  $3,0 \text{ cm}$  de diâmetro. O coeficiente de transferência de calor por convecção é relatado como  $h_i = 800 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  sobre a superfície interna do tubo e  $h_o = 240 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  em sua superfície externa. Para o fator de incrustação  $R_{f,i} = 0,0005 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$  no lado do tubo e  $R_{f,o} = 0,0002 \text{ (m}^2\cdot\text{K)}/\text{W}$  no lado do casco, determine (a) a resistência térmica do trocador de calor por unidade de comprimento e (b) os coeficientes globais de transferência de calor  $U_i$  e  $U_o$  com base nas superfícies interna e externa do tubo, respectivamente.
8. **Problema 11-57 (Çengel):** Ar ( $c_p = 1.005 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ) deve ser preaquecido por gases quentes em um trocador de calor de escoamento cruzado antes de entrar em um forno. O ar entra no trocador de calor a  $95 \text{ kPa}$  e  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , a uma taxa de  $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Gases de combustão ( $c_p = 1.100 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ) entram a  $180 \text{ }^\circ\text{C}$  a uma taxa de  $1,1 \text{ kg/s}$  e saem a  $95 \text{ }^\circ\text{C}$ . O produto do coeficiente global de transferência de calor e da superfície de transferência de calor é  $UA_s = 1.200 \text{ W/K}$ . Considerando ambos os fluidos sem mistura, determine a taxa de transferência de calor e a temperatura de saída do ar.



9. **Problema 12.20 (Incropera):** O fluxo de energia associado à radiação solar que incide sobre a superfície externa da atmosfera terrestre foi medido com precisão e seu valor é de  $1368 \text{ W/m}^2$ . Os diâmetros do Sol e da Terra são de  $1,39 \times 10^9$  e  $1,27 \times 10^7$  m, respectivamente, e a distância entre o Sol e a Terra é de  $1,5 \times 10^{11}$  m.

- Qual é o poder emissivo do Sol?
- Aproximando a superfície do Sol por uma superfície negra, qual é sua temperatura?
- Em qual comprimento de onda o poder emissivo espectral do Sol é máximo?
- Admitindo que a superfície da Terra seja uma superfície negra e que o Sol seja sua única fonte de energia, estime a temperatura da superfície da Terra.

10. **Problema 12.55 (Incropera):** Um pequeno disco com 5 mm de diâmetro está posicionado no centro de uma cúpula hemisférica isotérmica. O disco é difuso e cinza com uma emissividade de 0,7 e é mantido a 900 K. A cúpula hemisférica, mantida a 300 K, tem um raio de 100 mm e uma emissividade de 0,85.

- Calcule a potência radiante deixando uma abertura de diâmetro igual a 2 mm localizada na cúpula como mostrado.

