

FA673 – Transferência de Calor e Massa

Lista 3

OBS.: Estas respostas podem conter erros. Assim, sejam críticos, questionem os resultados. Em caso de dúvidas, falar com Prof. Rafael.

1) Um túnel de vento com ventilador que fornece uma velocidade de 50 m/s utiliza ar atmosférico a 25°C no estudo do comportamento da camada limite sobre uma placa plana, para números de Reynolds $Re_x = 10^8$. Qual deve ser o comprimento mínimo da placa a ser utilizada? Para um número crítico de Reynolds $Re_{x,c} = 5 \times 10^5$, a que distância a partir da borda de ataque a transição ocorreria?

Resp.: $L_{min} = 31,4 \text{ m}$; $x_c = 0,157 \text{ m}$

2) Para uma camada limite laminar o escoamento sobre uma placa plana com ar a 20°C e 1 atm, a espessura da camada limite térmica δ_t é aproximadamente 13% maior do que a espessura da camada limite de velocidade δ . Determine a razão δ/δ_t se o fluido for etilenoglicol submetido às mesmas condições.

Resp.: $\delta/\delta_t = 6,69$

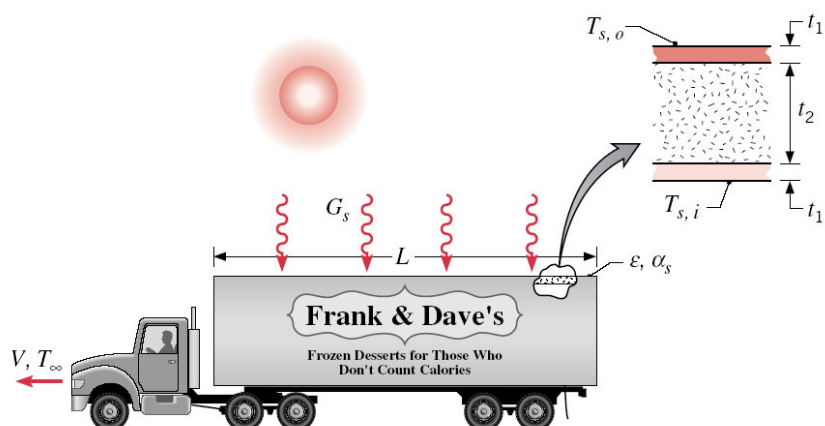
3) A taxa na qual a água é perdida devido à evaporação da superfície de um corpo de água pode ser determinada através da medida da taxa de variação de seu nível. Considere um dia de verão no qual as temperaturas da água e do ar são de 305 K e a umidade relativa do ar é de 40%. Se a taxa de diminuição da superfície for de 0,1 mm/h, qual é a taxa na qual a massa é perdida devido à evaporação por unidade de área superficial? Qual é o coeficiente de transferência de massa por convecção?

Resp.: $m'' = 2,76 \times 10^{-5} \text{ kg/s.m}^2$; $h_m = 1,37 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

4) Ar à pressão de 1 atm e temperatura de 50°C escoam em corrente paralela sobre a parte superior de uma superfície de uma placa plana que está aquecida a uma temperatura uniforme de 100°C. A placa possui um comprimento de 0,20 m (na direção do escoamento) e uma largura de 0,10 m. O número de Reynolds baseado no comprimento da placa é 40.000. Qual a taxa de transferência de calor da placa para o ar? Se a velocidade da corrente livre do ar é duplicada e a pressão aumentada para 10 atm, qual é a taxa de transferência de calor?

Resp.: $q_1 = 17,6 \text{ W}$; $q_2 = 143,6 \text{ W}$

5) O teto do compartimento de um caminhão refrigerado é de construção composta, consistindo em uma camada de isolante de espuma de poliuretano ($t_2 = 50 \text{ mm}$, $k_i = 0,026 \text{ W/m.K}$) entre dois painéis de liga de alumínio ($t_1 = 5 \text{ mm}$, $k_p = 180 \text{ W/m.K}$). O comprimento e a largura do teto são $L = 10 \text{ m}$ e $W = 3,5 \text{ m}$, respectivamente, a temperatura da superfície interna é $T_{s,i} = -10^\circ\text{C}$. Considere condições para as quais o caminhão está se movendo a uma velocidade $V = 105 \text{ km/h}$, a temperatura do ar é $T_\infty = 32^\circ\text{C}$ e a radiação solar $G_s = 750 \text{ W/m}^2$. Escoamento turbulento pode ser considerado sobre o comprimento total do teto.



- Para valores equivalentes de absorptividade solar e emissividade da superfície externa ($\alpha_s = \varepsilon = 0,5$), estime a temperatura média $T_{s,e}$ da superfície externa. Qual a carga térmica imposta sobre o sistema de refrigeração?
- Um acabamento especial ($\alpha_s = 0,15$; $\varepsilon = 0,8$) pode ser aplicado à superfície externa. Qual o efeito que tal aplicação tem sobre a temperatura da superfície e a carga térmica?
- Se, com $\alpha_s = \varepsilon = 0,5$, o teto não for isolado ($t_2 = 0$), quais os valores correspondentes da temperatura da superfície e a carga térmica?

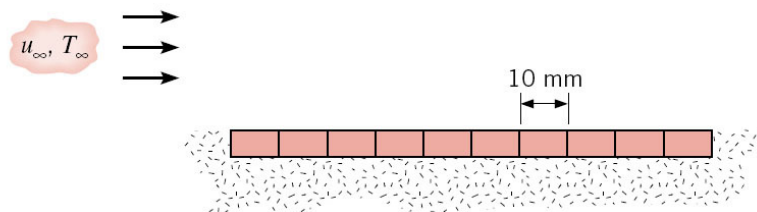
Resp.:

(a) $q = 797 \text{ W}$

(b) $q = 675,3 \text{ W}$

(c) $T_{s,e} = -9,9^\circ\text{C}$; $q = 90,63 \text{ W}$

- Um conjunto de 10 chips de silício, cada um com comprimento $L = 10 \text{ mm}$ de lado, é isolado em uma superfície e resfriado na superfície oposta pelo ar atmosférico em um escoamento em paralelo com $T_\infty = 24^\circ\text{C}$ e $u_\infty = 40 \text{ m/s}$. Quando em uso, a mesma potência elétrica é dissipada em cada chip, mantendo um fluxo de calor uniforme sobre toda a superfície resfriada.



Se a temperatura de cada chip não pode exceder 80°C , qual é a máxima potência permitida por chip? Qual é a máxima potência permitida se um promotor de turbulência for utilizado para desenvolver a camada limite no bordo de ataque? Seria preferível orientar o conjunto normal em vez de paralelo à corrente de ar?

Resp.: $q = 0,3 \text{ W}$; $q = 0,81 \text{ W}$

- Um pino com 10 mm de diâmetro dissipa 30 W por convecção forçada com o ar que escoia transversalmente sobre ele com um número de Reynolds de 4000 . Se o diâmetro do pino for dobrado enquanto todas as demais condições permanecem idênticas, estime a taxa de transferência de calor no pino. Admita que o pino seja infinitamente longo.

Resp.: $q_2 = 70,4 \text{ W}$

- Um tubo de vapor sem isolamento é utilizado para transportar vapor de alta temperatura de um prédio a outro. O tubo possui $0,5 \text{ m}$ de diâmetro, uma temperatura de

superfície de 150°C , e está exposto ao ar ambiente a -10°C . O ar escoa em corrente cruzada sobre o tubo com uma velocidade de 5 m/s . Qual é a perda de calor por unidade de comprimento do tubo?

Resp.: $q' = 3644\text{ W/m}$

9) Ar atmosférico a 25°C e velocidade de $0,5\text{ m/s}$ escoa sobre uma lâmpada incandescente de 50 W cuja temperatura é de 140°C . O bulbo da lâmpada pode ser considerado aproximadamente como uma esfera de 50 mm de diâmetro. Qual a taxa de perda de calor por convecção para o ar?

Resp.: $q = 10,3\text{ W}$

10) Um pré-aquecedor utiliza vapor d'água saturado a 100°C , alimentado pelo lado interno dos tubos de um feixe, para aquecer ar que entra no sistema a 1 atm e 25°C . O ar escoa transversalmente aos tubos a 5 m/s . cada tubo possui 1 m de comprimento e 10 mm de diâmetro externo. O feixe contém 196 tubos em um arranjo alinhado quadrado no qual $S_T = S_L = 15\text{ mm}$. Qual é a taxa total de transferência de calor para o ar? Qual é a queda de pressão associada ao escoamento do ar?

Resp.: $q = 58,5\text{ kW}$; $\Delta p = 590\text{ N/m}^2$

11) Um banco de tubos utiliza um arranjo alinhado com tubos de 30 mm de diâmetro, com $S_L = S_T = 60\text{ mm}$ e 1 m de comprimento. Há 10 fileiras de tubos na direção do escoamento ($N_L = 10$) e 7 tubos por fileira ($N_T = 7$). Ar em condições a montante com $T_{\infty} = 27^{\circ}\text{C}$ e $V = 15\text{ m/s}$ escoa em corrente cruzada sobre os tubos, enquanto a temperatura da parede do tubo de 100°C é mantida pela condensação do vapor no interior dos tubos. Determine a temperatura do ar na saída do banco de tubos, a queda de pressão através do banco e a potência necessária do ventilador.

Resp.: $T = 39^{\circ}\text{C}$; $\Delta p = 993\text{ N/m}^2$; $P = 6,26\text{ kW}$

12) Ar seco à pressão atmosférica e 350 K , com uma velocidade de corrente livre de 25 m/s , escoa sobre uma placa lisa porosa de 1 m de comprimento. Considerando que a placa está saturada com água líquida a 350 K , estime a taxa de massa evaporada por unidade de largura da placa, n'_A (kg/s.m).

Resp.: $n'_A = 0,0137\text{ kg/s.m}$

13) Ar seco à pressão de 1 atm e uma velocidade de 15 m/s deve ser umidificado através da passagem em escoamento cruzado sobre um cilindro poroso de diâmetro $D = 40\text{ mm}$, que está saturado com água. Admitindo a água e o ar a 300 K , calcule a taxa de massa de água evaporada em condições de estado estacionário do meio cilíndrico por unidade de comprimento.

Resp.: $n'_A = 2,31 \times 10^{-4}\text{ kg/s.m}$

14) Considere um tubo circular de diâmetro de 25 mm através do qual mercúrio líquido, água ou óleo de motor a 27°C pode escoar a uma taxa de $0,03\text{ kg/s}$. Determine a velocidade, o comprimento térmico de entrada para cada um dos fluidos.

Resp.:

15) Um pré-aquecedor de óleo consiste em um único tubo de 9 mm de diâmetro e 5 m de comprimento, com sua superfície mantida a 165°C através de um redemoinho de gases de combustão. O óleo de motor (novo) entra a 80°C . Qual é a vazão que deve ser fornecida para manter a temperatura de saída do óleo a 95°C ? Qual a taxa de transferência de calor correspondente?

Resp.: $\dot{m} = 159 \text{ kg/h}$; $q = 1432 \text{ W}$

16) A superfície de um tubo delgado de diâmetro 50 mm é mantida a 100°C. Em um caso, o ar está em escoamento cruzado sobre o tubo com uma temperatura de 25°C e velocidade de 30 m/s. Em outro caso, o escoamento de ar é plenamente desenvolvido através do tubo com uma temperatura de 25°C e velocidade média de 30 m/s. Compare o fluxo de calor do tubo para o ar nos dois casos.

Resp.: $q''1 = 8,73 \times 10^3 \text{ W/m}^2$; $q''2 = 7,58 \times 10^3 \text{ W/m}^2$

17) Um tubo de aço ($k = 60 \text{ W/m.K}$) de parede fina, transporta água quente que é resfriada por uma corrente de ar que flui, no lado externo, transversalmente ao tubo a uma velocidade de 20 m/s e a uma temperatura de 25°C. Os diâmetros interno e externo do tubo são de $D_i = 20 \text{ mm}$ e $D_e = 25 \text{ mm}$, respectivamente. Em uma certa posição ao longo do tubo, a temperatura média da água é de 80°C. Admitindo que o escoamento no interior do tubo esteja completamente desenvolvido com um número de Reynolds de 20.000, determine a taxa de transferência de calor para a corrente de ar por unidade de comprimento do tubo.

Resp.: $q' = 489 \text{ W/m}$

18) No processamento de tubos muito longos de plástico de 2 mm de diâmetro interno, ar escoar no interior da tubulação com um número de Reynolds de 1000. A camada interna de material plástico evapora no ar em condições plenamente desenvolvidas. O plástico e o ar estão a 400 K, e o número de Schmidt para a mistura do vapor do plástico e o ar é 2,0. Determine o coeficiente de transferência de massa por convecção.

Resp.: $h_m = 2,42 \times 10^{-2} \text{ m/s}$

19) Determine o coeficiente de transferência de calor médio nas paredes verticais, com 2,5 m de altura, de uma casa na qual o ar interior e a temperatura superficial das paredes são, respectivamente, (a) 20 e 10°C, e (b) 27 e 37°C.

Resp.: (a) $3,03 \text{ W/m}^2.\text{K}$; (b) $2,94 \text{ W/m}^2.\text{K}$

20) O escoamento de ar através de um longo duto de ar condicionado, com formato quadrado e 0,2 m de lado, mantém a sua superfície externa a uma temperatura de 10°C. Se o duto, na posição horizontal, não possui isolamento térmico e está exposto ao ar a 35°C no porão de uma casa, qual é o ganho de calor por unidade de comprimento do duto?

Resp.: $86,5 \text{ W/m}$

21) Uma placa, com dimensões de 1 m por 1 m e inclinada com um ângulo de 45°, tem a sua superfície inferior exposta a um fluxo térmico radiante líquido de 300 W/m². Se a temperatura superior da placa for bem isolada, estime a temperatura que a placa atingirá quando o ar ambiente estiver quiescente e a uma temperatura de 0°C.

Resp.: $\approx 60^\circ\text{C}$

22) Sob condições de operação em regime estacionário, a temperatura superficial de uma pequena lâmpada incandescente de 20 W é de 125°C, quando as temperaturas do ar ambiente e das paredes são iguais a 25°C. Aproximando a lâmpada por uma esfera com 40 mm de diâmetro e com uma emissividade na superfície de 0,8, qual é a taxa de transferência de calor saindo da superfície da lâmpada?

Resp.: $8,62 \text{ W}$