

TMEC-030 TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA (TransCal), turma BD

Prova-3 (convecção), com consulta, 31 Mai 2019, 13:30 às 16:00 h

DIRETRIZES OBRIGATÓRIAS:

- a) A prova é individual com consulta livre ao seu material impresso, incluindo livros e anotações.
 - b) Durante a prova, não será permitido usar qualquer aparelho eletrônico com acesso à internet: celular, tablet, notebook etc.
 - c) Cada aluno poderá usar a sua calculadora e fazer a prova à lápis ou caneta.
 - d) A interpretação das questões faz parte da prova. Portanto, não pergunte nada ao professor.
 - e) Coloque em sua prova as equações, deduções, cálculos e explicações ou hipóteses assumidas para resolver cada questão.
 - f) Erros de cálculo e de unidades dos parâmetros serão descontados. Portanto, revise sua prova.
 - g) Essa folha da prova pode ser utilizada como rascunho e levada com você ao concluir a prova.
-
- 1) [20 pontos] O lado esquerdo de uma parede de titânio está à temperatura de 100 °C e recebe um fluxo de calor de 50 kW/m². A espessura desta parede é de 2 cm. O lado direito desta parede está em contato com água à temperatura de 15 °C. Calcular:
 - a) o valor do coeficiente de convecção entre a parede e a água [15 pontos]; e
 - b) o número de Nusselt baseado na espessura da parede [5 pontos].

 - 2) [30 pontos] Ar à temperatura de 4 °C e velocidade de 0,05 m/s entra em um duto quadrado cujo lado é de 30 cm e o comprimento de 20 m. Sabendo-se que existe um fluxo de calor uniforme de 10 W/m² sendo transferido ao longo de toda a superfície do duto para o ar, calcular:
 - a) a taxa de transferência de calor do duto para o ar [10 pontos];
 - b) a temperatura com que o ar sai do duto [10 pontos]; e
 - c) a temperatura da superfície do duto na saída do ar [10 pontos].

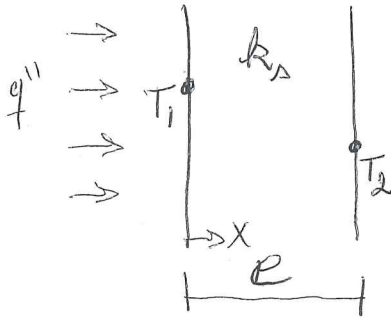
 - 3) [25 pontos] Uma placa retangular de alumínio com 25 cm por 1,5 m está à temperatura de 127 °C. Esta placa está paralela à superfície do solo e a 1 metro de altura dentro de uma sala com ar à temperatura de 27 °C. Qual é a taxa de transferência de calor da placa para o ar?

 - 4) [25 pontos] Ar à temperatura de 10 °C escoam com velocidade de 50 m/s paralelo a um dos lados de uma placa plana, que tem comprimento de 50 cm na direção do escoamento e largura de 10 cm na direção perpendicular ao escoamento. A temperatura da superfície deste lado é de 180 °C. Os outros lados da placa estão isolados termicamente. Calcular:
 - a) a taxa de transferência de calor da placa para o ar [15 pontos]; e
 - b) o coeficiente local de transferência de calor por convecção, no sentido do escoamento, a 5 cm do ponto onde a espessura da camada limite é nula [10 pontos].

10 20 pts.

~~CONVECCÃO / CAPS (fundamentos)~~

~~10/10~~



$q'' = -k \frac{dT}{dx}$

qual h ~~é~~?

e $Nu_e = ?$

$h = \frac{-k_p \frac{dT}{dx}}{(T_2 - T_\infty)}$

$Nu_e = \frac{h e}{k_f}$

Dados: q'' , T_1 , k_A , e , k_f , T_∞
 titânio água

$T_1 = 100^\circ\text{C}$ $q'' = 50 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$
 $k_A = 22 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ $e = 2 \text{ cm}$
 $T_\infty = 15^\circ\text{C}$ $k_{\text{água}} \approx 0,598 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$

$q'' = -k_A \frac{dT}{dx} = -k_A \frac{(T_2 - T_1)}{e} \rightarrow q'' e = k_A (T_1 - T_2)$

$T_2 = T_1 - \frac{q'' e}{k_A} = 100 - \frac{50 \times 10^3 \times 0,02}{22} = 100 - 45,5 \approx 55^\circ\text{C}$
 328 K

até aqui 5 pontos

15

$q'' = \bar{h} (T_2 - T_\infty) \rightarrow \bar{h} = \frac{q''}{T_2 - T_\infty} = \frac{50 \times 10^3}{55 - 15}$

$h \approx 1250 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

$Nu_e = \frac{\bar{h} e}{k_f} \Rightarrow \frac{1250 \times 0,02}{0,598}$

$Nu_e \approx 42$

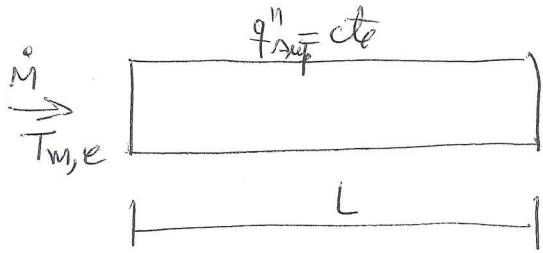
~~CONVECCÃO / CAPS~~

2a

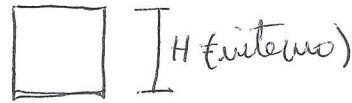
30 pts

~~3a PREVA~~
~~Cap. 8 Convecção forçada interna~~

~~16/11/22~~



duto quadrado



Calcular: $T_{m,s}$ ~~Temp~~ $T_{sup,s}$ e q''_{sup}

Dados: v_e ; fluido; $T_{m,e}$; q''_s ; L, H

ar

suficiente p/esc. ficar termicamente desenvolvido

| |
|--------------------------------|
| $T_{m,e} = 4^\circ\text{C}$ |
| $v = 9,05 \text{ m/s}$ |
| $H = 0,3 \text{ m}$ |
| $L = 20 \text{ m}$ |
| $q''_{sup} = 10 \text{ W/m}^2$ |
| ar |

ar, $T = 300 \text{ K}$

- $\rho = 1,1614 \text{ kg/m}^3$
- $\mu = 1,846 \times 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$
- $c_p = 1007 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$
- $\rho_n = 0,707$
- $k = 0,0263 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

$Re_H = \frac{\rho v H}{\mu} = 944$ (laminar)

$X_{cd,T} \approx 0,05 Re_H Pr H \approx 10 \text{ m}$

na saída o esc. já está des. term.

$Nu_{H,s} = \frac{h_s H}{k} = 3,61$ p/ $q''_{sup} = cte$ e quadrado

$\dot{m} = \rho V A = \rho v H^2 \approx 5,23 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$

$q = q''_{sup} A_{sup}$

$A_{sup} = 4HL$

$q = q''_{sup} 4HL \approx 240 \text{ W}$

10

$q = \dot{m} c_p (T_{m,s} - T_{m,e})$

$\frac{q}{\dot{m} c_p} = T_{m,s} - T_{m,e}$

$T_{m,s} = T_{m,e} + \frac{q}{\dot{m} c_p} \approx 50^\circ\text{C}$
 $49,6^\circ\text{C}$
 $4 + 45,6$
 323 K
 $322,7 \text{ K}$

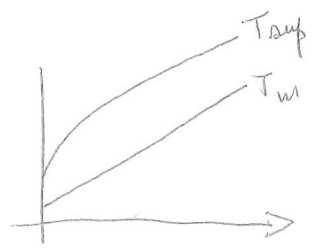
10

$q''_{sup} = h(T_{sup} - T_m) \therefore \frac{q''_{sup}}{h} = T_{sup} - T_m \rightarrow T_{sup} = T_m + \frac{q''_{sup}}{h}$

$\frac{h_s H}{k} = 3,61 \rightarrow h_s = \frac{3,61 k}{H} \approx 0,316 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

$T_{sup,s} = T_{m,s} + \frac{q''_{sup}}{h_s} \approx 81,6^\circ\text{C}$
 $50 + 31,6$
 $354,8 \text{ K}$

10

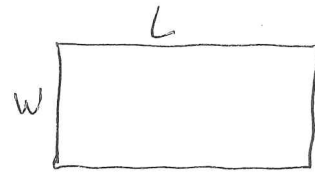
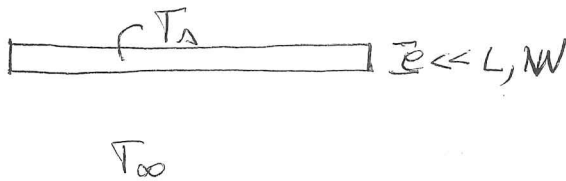


~~3a~~
~~ca~~

3a

placa retangular na horizontal

~~25~~ ~~PTs~~



Dados: ~~placa~~, T_∞ , T_Δ , W , L ,
" " " " " " " "

Calcular: q

q_{superior}
 q_{inferior}

"
" " " " " "

$T_\infty = 27^\circ\text{C}$

$W = 0,25 \text{ m}$

$T_\Delta = 127^\circ\text{C}$

$L = 1,5 \text{ m}$

$\bar{T} = 77^\circ\text{C} \approx 350\text{K}$

Superfície superior da placa quente: $\overline{Nu}_L = 0,54 Ra_L^{1/4}$

" inferior " " " " $\overline{Nu}_L = 0,27 Ra_L^{1/4}$

$Ra_L = \frac{g \beta (T_\Delta - T_\infty) L^3}{\nu \alpha}$

$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h} L}{k}$

$L = \frac{A_\Delta}{P} = \frac{WL}{2(W+L)} = \frac{0,375}{3,5} \approx 0,10$

$q''_\Delta = \bar{h}_\Delta (T_\Delta - T_\infty)$

$q''_i = \bar{h}_i (T_\Delta - T_\infty)$

$\bar{h} = \frac{\overline{Nu}_L k}{L}$

$q = (\bar{h}_\Delta + \bar{h}_i) A_\Delta (T_\Delta - T_\infty) = WL (\bar{h}_\Delta + \bar{h}_i) (T_\Delta - T_\infty)$ 10

$\bar{T} = 350\text{K}$: $\nu = 2,092 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

$k = 0,030 \text{ W/m}\cdot\text{K}$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

$\alpha = 2,99 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

$\beta = \frac{1}{\bar{T}} \approx 2,86 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

$Ra_L \approx 5,49 \times 10^6 \rightarrow \overline{Nu}_L|_{\text{sup}} \approx 26,1$

$\overline{Nu}_L|_{\text{inf}} \approx 13,1$

$\bar{h}_\Delta \approx 7,32 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 5

$\bar{h}_i \approx 3,67 \text{ " " " "}$ 5

5
q ≈ 412 W

~~3a~~
~~ca~~

25 pts

~~25 pts~~

61 (4a) Ar à temperatura de 10°C escoa c/ velocidade de 50 m/s paralelo a ~~uma~~ ~~dos~~ ~~lados~~ de uma placa plana. Este lado tem comprimento de 50 cm na direção do escoamento e largura de 10 cm na direção perpendicular ao escoamento. Os outros lados da placa estão isolados termicamente. Calcule:

a) a taxa de tr. de calor da placa p/ ar; (15)

b) o coef. local de tr. de calor por convecção a 5 cm da extremidade da placa (onde a espessura da camada limite é nula)

$T_\infty = 10^\circ\text{C}$
 $T_{\text{sup}} = 180^\circ\text{C}$

$T_f = \frac{T_\infty + T_{\text{sup}}}{2} \approx 95^\circ\text{C} \approx 368\text{ K}$

→ Tabela A.4
 $\nu \approx 22,9 \times 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$
 $k \approx 31,4 \times 10^{-3}\text{ W/m}\cdot\text{K}$
 $Pr \approx 0,696$

$L = 0,5\text{ m}$ $w = 0,1\text{ m}$
 $v = 50\text{ m/s}$ $x = 0,05\text{ m}$

$Re_L = \frac{vL}{\nu} \approx 1,092 \times 10^6 \rightarrow$ escoamento turbulento na saída

Eq. (7.41) p/ esc. misto: $Nu_L = (0,037 Re_L^{4/5} - 871) Pr^{1/3} = \frac{\bar{h}_L L}{k}$

$Nu_L \approx 1447 \rightarrow \bar{h}_L = \frac{Nu_L k}{L} \approx 90,9\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (5)

$q = \bar{h}_L A_{\text{sup}} (T_{\text{sup}} - T_\infty)$ (5) $A_{\text{sup}} = LW$

$q = \bar{h}_L WL (T_{\text{sup}} - T_\infty) \rightarrow q \approx 773\text{ W}$ (5)

$Re_x = \frac{vx}{\nu} \approx 109,2 \times 10^3 \rightarrow$ esc. laminar (5)

Eq. (7.23): $Nu_x = \frac{h_x x}{k} = 0,332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3} \approx 97,2$

$h_x = \frac{Nu_x k}{x} \rightarrow h_x \approx 61,1\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (5)

$Nu_L = (0,037 Re_L^{4/5} - 871) Pr^{1/3}$
 $A = 0,037 Re_c^{4/5} - 0,664 Re_c^{1/2}$
 Com $Re_c = 5 \times 10^5$
 \downarrow
 $A = 871$