

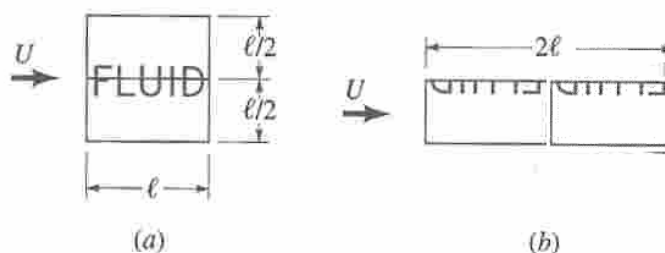
# EM 524 C - FENÔMENOS DE TRANSPORTE

2a PROVA – DURAÇÃO 110 MINUTOS 27/Junho /2007

## Avisos Gerais

- 1) É necessário colocar *unidades* nos resultados intermediários e na resposta final;
- 2) Devolva a folha da prova junto com sua folha de respostas;
- 3) Deixe claro na folha de respostas onde começa e termina o texto para cada questão;
- 4) Procure deixar claro o seu raciocínio. Vale aquilo que você está escrevendo na folha;
- 5) O professor só tirará dúvidas sobre o enunciado das questões;

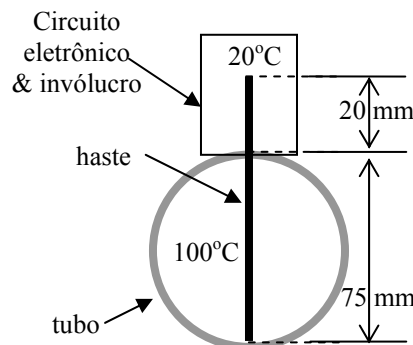
1) (2,5 Pontos) A força de arrasto foi determinada para o arranjo (a) (duas placas planas cada uma medindo  $\ell$  por  $\ell/2$ ) como sendo igual a  $\mathbf{D}$  quando a velocidade da corrente livre era igual a  $U$ . Considere o escoamento regime laminar e determine o arrasto em função de  $\mathbf{D}$  para as novas configurações abaixo listadas:



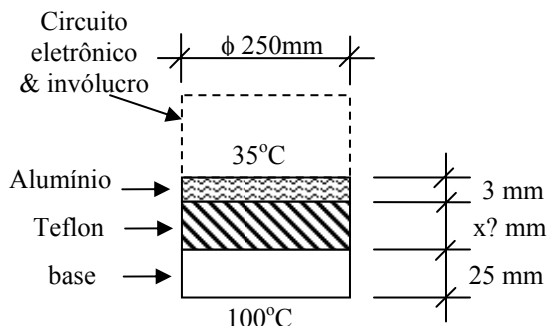
- i) se a velocidade  $U$  da corrente livre no arranjo (a) passar a ser  $2U$ ;
- ii) se a velocidade  $U$  da corrente livre for mantida constante porém as placas são colocadas num arranjo como mostrado na figura (b).

2) (2,5 Pontos) Ar a pressão atmosférica (101 kPa) e  $30^\circ\text{C}$  escoa numa vazão mássica de  $2 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$  em um duto retangular com 1 metro de comprimento e lados de 6 mm e 12 mm. As paredes do duto são mantidas a temperatura constante de  $70^\circ\text{C}$ . Qual é a temperatura de mistura do ar na saída do duto? Determine a taxa de calor em Watts transferida ao ar. Avalie as propriedades do ar para  $50^\circ\text{C}$ .

3) (2,5 Pontos) Uma haste cilíndrica de aço inox AISI 304 com 3mm de diâmetro é um componente de um sensor capacitivo. Uma das extremidades da haste fica em contato com o fluido no interior de um tubo que está a  $100^\circ\text{C}$  enquanto que sua outra extremidade está no interior de um invólucro que contém o circuito eletrônico. O ar no interior do invólucro está a  $20^\circ\text{C}$ . Determine a taxa de calor transferida (Watts) do fluido para o invólucro através da condução térmica pela haste. Considere o coeficiente de transferência de calor da haste para o invólucro  $h = 10 \text{ W/m}^2\text{C}$ . Liste todas as hipóteses que você considerou para resolver este problema.



4) (2,5 Pontos) Um instrumento está contido num invólucro cilíndrico de alumínio (liga 2024 T6) com diâmetro de 250mm tem uma capacidade de dissipar calor para o ambiente numa taxa de 50W desde que a temperatura de sua parede não seja superior a  $35^\circ\text{C}$ . O invólucro está montado sobre uma base cilíndrica de aço carbono AISI 1010 cuja parede inferior está a  $100^\circ\text{C}$ . Pretende-se colocar um disco de Teflon entre a base e o invólucro de forma a garantir o critério térmico exposto acima. Determine a espessura da base de Teflon. Liste todas as hipóteses que você considerou para resolver este problema.



## Placa Plana - Regime laminar

i) arranjo (a)

$$D = \frac{1}{2} \rho U^2 \left(2 \frac{l}{2}\right) \bar{C}_f$$

$$\text{onde } \bar{C}_f = \frac{1,328}{\sqrt{Re_L}} \quad \text{tabela 6-1}$$

$$\text{sendo } Re_L = \rho U l / \mu \quad (L \equiv l)$$

$$D = \frac{1}{2} \rho U^2 l^2 \frac{1,328}{\sqrt{\rho U l / \mu}} = 0,664 \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} U^{3/2} l^{3/2}$$

se a velocidade  $\bar{U} = 2U$  então a força de arrasto será

$$D^{\text{Nova}} = 2^{3/2} D = 2,82 D //$$

ii) Arranjo (b) com velocidade  $\bar{U}$ ,

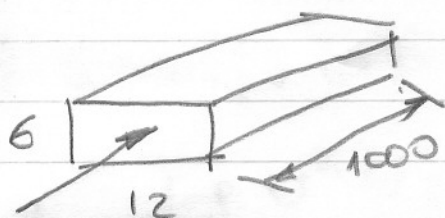
$$D^{\text{Novo}} = \frac{1}{2} \rho \bar{U}^2 2l \left(\frac{l}{2}\right) \bar{C}_f ; \quad Re_L = \rho U (2l) / \mu$$

$$D^{\text{Novo}} = 0,664 \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \cdot \frac{\bar{U}^{3/2} l^{3/2}}{\sqrt{2}}$$

para o arranjo (b) a força de arrasto será

$$D^{\text{Nova}} = D / \sqrt{2} = 0,707 D //$$

## Problema (2)



$$\dot{m} = 2 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$T_{m,e} = 30^\circ\text{C}$$

temperatura da parede  
constante  $70^\circ\text{C}$

Prop @  $50^\circ\text{C}$ , tab A-8

$$\begin{aligned} S &= 1,0924 \text{ kg/m}^3 \\ C_p &= 1,007,4 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\ \mu &= 1,96 \times 10^{-5} \text{ kg/m}\cdot\text{s} \\ k &= 2,78 \times 10^{-2} \text{ W/m}^\circ\text{C} \\ Pr &= 0,709 \end{aligned}$$

área transversal -  $A_T = 72 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

velocidade média -  $V = \dot{m} / (S A_T) = 2,543 \text{ m/s}$

diâmetro hidráulico  $d_h = 4A_T / P = 8 \times 10^{-3} \text{ m}$

Reynolds  $Re_{d_h} = S V d_h / \mu = 1140 \text{ (laminar)}$

$$Re \cdot Pr \left( \frac{d_h}{L} \right) = 596 \times 0,712 \times \left( \frac{0,008}{1} \right) = 6,44 < 10$$

portanto termicamente desenvolvido.

$$Nu = 3,39 \text{ (tab. 7-5)} \rightarrow \bar{h} = Nu \times k / d_h = 11,8 \text{ W/m}^2\text{C}$$

$$\text{Eq 7-22 } \frac{T_p - T_{m,s}}{T_p - T_{m,e}} = \exp\left(-\frac{\bar{h} A}{\dot{m} C_p}\right)$$

$$A = P \cdot L = 0,036 \text{ m} \text{ e } (\bar{h} A / \dot{m} C_p) = 4,0026$$

$$T_{m,s} = 70 - 4,87 \rightarrow T_{m,s} = \underline{65^\circ\text{C}}$$

Energia transferida ao ar

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_{m,s} - T_{m,e}) = \underline{7,08 \text{ Watts}}$$

Problema (3)

$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg°C)	$k$ (W/m°C)	$\alpha$ (m <sup>2</sup> /s)
7900	<del>515</del> @ 400K	16,6 @ 400K	$3,95 \times 10^{-6}$

propriedades. Aisi 304

alita;  $m = \frac{hP}{k_a A_c}$

$P = \pi d = 0,0094 \text{ m}$

$A = \pi d^2/4 = 7,068 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

$m = 28,34$

$$\dot{Q} = \underbrace{\sqrt{hP k_a A_c}}_{0,00332} \cdot \underbrace{(100-20)}_{80} \cdot \underbrace{\text{Tanh}(m \cdot l)}_{\text{Tanh}(28,34 \times 20/1000)} \quad \text{Eq 8.30}$$

$\dot{Q} = 0,13 \text{ Watts.}$

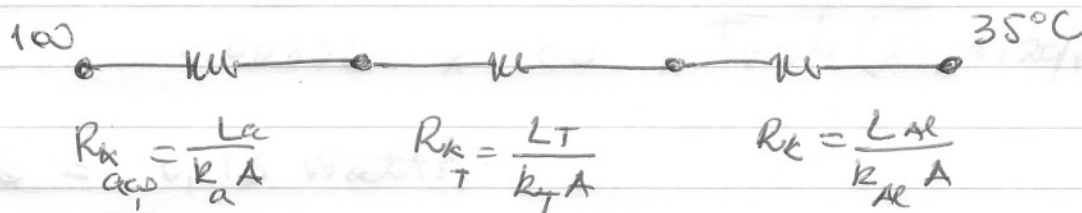
considera-se que a alita possui a ponta isolada.

# Problema (4)

hipótese - condução térmica 1D, não há transferência de calor pelas laterais.

propriedades	$k$ (W/m°C) @ <del>100°C</del>
Alumínio tab. A-14	65 @ 100°C
Teflon tab. A-15.1	0,35 @ 27°C
Aj. 1010 tab. A-14	58,7 @ 400°C

circuito térmico equivalente:



$$R_{eq} = \frac{1}{A} \left( \frac{L_a}{k_a} + \frac{L_T}{k_T} + \frac{L_{al}}{k_{al}} \right) \quad (1)$$

$$\dot{Q} = (100 - 35) / R_{eq} = 50 \rightarrow R_{eq} = 1,299 \text{ °C/W}$$

$$A = 0,049087 \text{ m}^2 ; \quad R_{kaco} = 0,008676 \text{ °C/W}$$

$$R_{kal} = 0,00094 \text{ °C/W}$$

da Eq. (1) tiramos que a espessura necessária é de 22,167 mm.