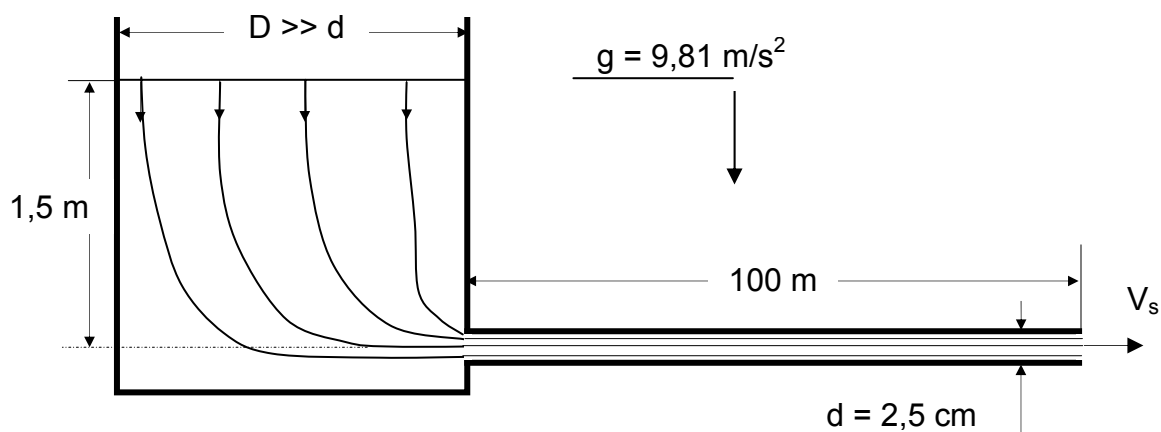


EM 524 FENÔMENOS DE TRANSPORTE Turma C
Exame Final 11/JULHO/2007 (Consulta ao livro texto somente)

1. (valor 2.5 pontos) Uma casa deve ser mantida aquecida utilizando-se uma bomba de calor. Quando o interior da casa é mantido a 20°C e o meio exterior está a -5°C , a casa perde 72000 KJ/hr de calor para o meio. Qual a potência mínima necessária para acionar a bomba de calor? Compare esta potência com a que seria necessária se fosse usado um aquecedor de resistência elétrica.
2. (valor 2.5 pontos) Água a 30°C escoar de um tanque grande, aberto para atmosfera, por meio de uma tubulação de $2,5\text{ cm}$ de diâmetro interno por 100 metros de comprimento. Esta tubulação descarrega o líquido a pressão atmosférica na forma de um jato na sua extremidade oposta, conforme ilustra a figura. Considere que o nível de água do tanque permanece constante a uma altura $1,5\text{ metro}$ acima da linha de centro da tubulação e que a perda de carga na tubulação por 100 metros de comprimento é determinada pela expressão: $h_L = 0,5 \cdot V_s^2 / g$ onde V_s é a velocidade média na tubulação. Determine: a velocidade V_s , e a vazão volumétrica na saída da tubulação, expresse seus resultados em (m/s) e (litros/s) , respectivamente.



3. (valor 2.5 pontos) Um cilindro de cobre de 10 cm de comprimento por 10 cm de diâmetro está inicialmente a uma temperatura uniforme de 20°C . Ele é colocado em água em ebulição a 100°C , e o coeficiente de transferência de calor por convecção é de $100\text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Quanto tempo o cilindro precisa permanecer na água para alcançar uma temperatura de 70°C no seu centro?
4. (valor 2.5 pontos) Ar entra em um duto circular de 3 cm de diâmetro com uma velocidade média de 20 m/s . A superfície interna do duto está a uma temperatura uniforme de 80°C , enquanto que a temperatura de mistura do ar que entra no tubo vale 15°C . Determine o comprimento do duto necessário para obter uma temperatura de mistura na saída de 35°C . O coeficiente médio de transferência de calor por convecção vale $80\text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

GABARITO

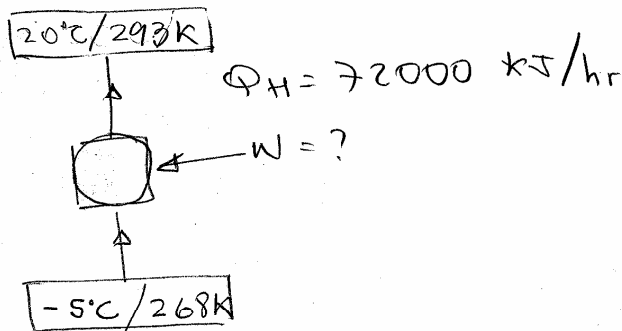
EM 524 FENÔMENOS DE TRANSPORTE

PROVA SUBSTITUTIVA

01/Julho/2002 (Consulta ao livro texto somente)

1. (valor 2.5 pontos) Uma casa deve ser mantida aquecida utilizando-se uma bomba de calor. Quando o interior da casa é mantido a 20°C e o meio exterior está a -5°C , a casa perde 72000 KJ/hr de calor para o meio. Qual a potência mínima necessária para acionar a bomba de calor? Compare esta potência com a que seria necessária se fosse usado um aquecedor de resistência elétrica.

Bomba de calor



potência mínima processo reversível
 $\Delta S = 0$

$$\frac{Q_H}{T_H} = \frac{Q_L}{T_L} \rightarrow Q_L = \frac{T_L}{T_H} Q_H$$

$$Q_L = \frac{268}{293} \times 72000 = 65857 \frac{\text{kJ}}{\text{hr}}$$

para um ciclo $\oint \dot{W} = \oint \dot{Q}$,
logo a potência necessária p/ acionar
a bomba é:

$$\dot{W} = 72000 - 65857 = 6143 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

se fosse utilizado um aquecedor
elétrico, a potência necessária seria
de 72000 kJ/hr ou 12 vezes maior!

2. (valor 2.5 pontos) Água a 30°C escoar de um tanque grande, aberto para atmosfera, por meio de uma tubulação de 2,5 cm de diâmetro interno por 100 metros de comprimento. Esta tubulação descarrega o líquido a pressão atmosférica na forma de um jato na sua extremidade oposta, conforme ilustra a figura. Considere que o nível de água do tanque permanece constante a uma altura 1,5 metro acima da linha de centro da tubulação e que a perda de carga na tubulação por 100 metros de comprimento é determinada pela expressão: $h_L = 0,5 \cdot V_s^2 / g$ onde V_s é a velocidade média na tubulação. Determine: a velocidade V_s , e a vazão volumétrica na saída da tubulação, expresse seus resultados em (m/s) e (litros/s), respectivamente.

Perda de carga

$$\left(p + \rho g h + \frac{1}{2} \rho V^2 \right)_1 = \left(p + \rho g h + \frac{1}{2} \rho V^2 \right)_2 + \text{perdas}$$

$$\left(\frac{p}{\rho g} + h + \frac{V^2}{2g} \right)_1 = \left(\frac{p}{\rho g} + h + \frac{V^2}{2g} \right)_2 + h_L$$

ponto ① topo do reservatório;
 $p = p_{atm}$; $h = 1,5 \text{ m}$ e $V \approx 0$

ponto ② saída do tubo
 $p = p_{atm}$; $h = 0 \text{ m}$ e $V_s = ?$

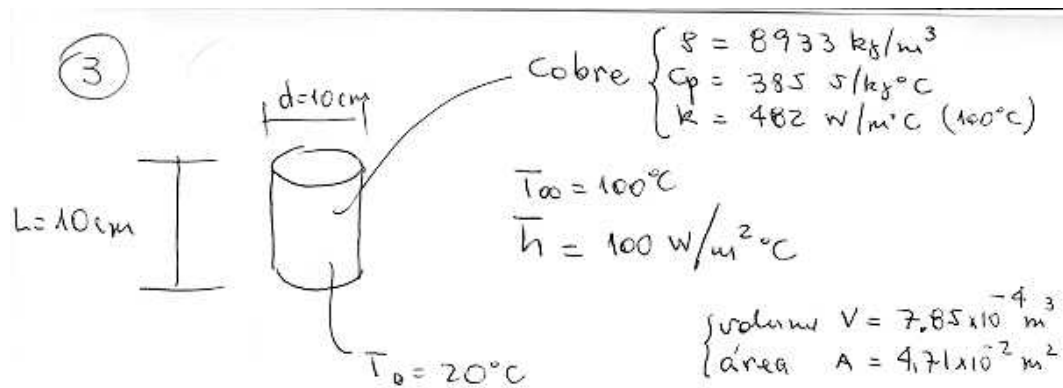
$$1,5 = 0,5 \cdot \left(\frac{V_s^2}{g} \right) \rightarrow V_s = \sqrt{1,5g} = 3,83 \text{ m/s}$$

a velocidade na saída é 3,83 m/s

a vazão volumétrica é

$$Q = \frac{\pi (2,5 \times 10^{-2})^2}{4} \times 3,83 \times 1000 = 1,880 \text{ l/s}$$

- 3 (valor 2.5 pontos) Um cilindro de cobre de 10 cm de comprimento por 10 cm de diâmetro está inicialmente a uma temperatura uniforme de 20°C. Ele é colocado em água em ebulição a 100°C, e o coeficiente de transferência de calor por convecção é de 100 W/m²°C. Quanto tempo o cilindro precisa permanecer na água para alcançar uma temperatura de 70°C no seu centro?



Número de Biot $\rightarrow Bi = \frac{\bar{h} L_c}{k}$

$L_c = V/A = 1.67 \times 10^{-2} \text{ m} \rightarrow Bi = 0.003458$
 como $Bi \ll 1$ será utilizada a análise condensada.

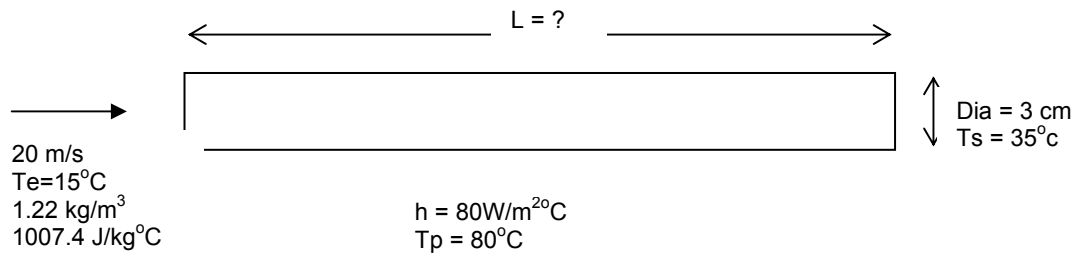
$\frac{T_f - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \exp\left[-t/\tau\right]; \quad \tau = \frac{\rho C_p V}{\bar{h} A} = 9.55 \text{ min}$
 (573 seg)

$\frac{70 - 100}{20 - 100} = 0.375$

$t = -\tau \ln(0.375) = 9.37 \text{ (min)}$
 (562 seg)

4. (valor 2.5 pontos) Ar entra em um duto circular de 3 cm de diâmetro com uma velocidade média de 20 m/s. A superfície interna do duto está a uma temperatura uniforme de 80°C, enquanto que a temperatura de mistura do ar que entra no tubo vale 15 °C. Determine o comprimento do duto necessário para obter uma temperatura de mistura na saída de 35 °C. O coeficiente médio de transferência de calor por convecção vale 80 W/m²°C.

Resp.:



$$\text{Área do tubo} = \pi \cdot 0.03^2 / 4 = 7.069 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Vazão mássica de ar} = 1.22 \cdot 20 \cdot 7.069 \cdot 10^{-4} = 1.725 \cdot 10^{-2} \text{ kg/s}$$

$$\frac{T_p - T_{m,s}}{T_p - T_{m,e}} = \exp\left(-\frac{h \cdot P \cdot L}{\dot{m} \cdot C_p}\right)$$

substituindo-se os valores na expressão acima tem-se que o comprimento L é igual a:

$$\frac{80 - 35}{80 - 15} = \exp\left(-\frac{80 \cdot \pi \cdot 0.03 \cdot L}{0.01725 \cdot 1007.4}\right) \rightarrow L = 0.847 \text{ m}$$

$\underbrace{80 - 35}_{0.6923}$
 $\underbrace{0.01725 \cdot 1007.4}_{-0.4339 \cdot L}$