FACULDADE DE ROSEIRA – FARO

CENTRO DE TECNOLOGIA

TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

1º TRABALHO EM SALA

FENÔMENOS DE TRANSPORTE APLICADO

Prof. Sérgio Montoro

Aluno: Gabarito

RESOLVA AS QUESTÕES ABAIXO REFERENTES AO TÓPICO ANÁLISE GLOBAL DO SISTEMA (PARÂMETRO CONCENTRADO):

- **1)** Uma esfera sólida de cobre de 10 cm de diâmetro [ρ = 8.954 kg/m³, C_p = 383 J/(kg.°C), k = 386 W/m.°C], inicialmente a uma temperatura uniforme T = 250°C, é repentinamente imersa em um fluido bem agitado, que é mantido a uma temperatura uniforme T_∞ = 50°C. O coeficiente de calor entre a esfera e o fluido é h = 200 W/m².°C.

a) Verifique se é possível aplicar a análise global do sistema.

b) Se for possível, determine a temperatura da esfera de cobre em t = 5, 10 e 20 minutos depois da imersão.

2) Uma barra de ferro longa, cilíndrica [ρ = 7.800 kg/m³, C_p = 460 J/(kg.°C), k = 60 W/m.°C], de diâmetro D = 5 cm, inicialmente na temperatura T = 700°C, é exposta a uma corrente de ar à temperatura T_∞ = 100°C. O coeficiente de transferência de calor entre a corrente de ar e a superfície da barra de ferro é h = 80 W/m².°C.

a) Verifique se é possível utilizar o método de análise global do sistema.

b) Se for possível, determine o tempo necessário para que a temperatura da barra atinja 300°C.

3) Empregando a análise global do sistema, determine o tempo necessário para que uma esfera maciça de aço, com diâmetro D = 5 cm [ρ = 7.833 kg/m³, C_p = 0,465 kJ/(kg.°C), k = 54 W/m.°C], esfrie de 600°C até 200°C quando exposta a uma corrente de ar a 50°C tendo um coeficiente de transferência de calor h = 100 W/m².°C.

- **4)** Uma esfera de alumínio com 3 cm de diâmetro [ρ = 2.700 kg/m³, C_p = 0,896 kJ/(kg.°C), k = 204 W/m.°C] está inicialmente a uma temperatura T = 175°C. De repente, ela é imersa em um fluido agitado a T_∞ = 25°C. A temperatura da esfera cai para T(t) = 100°C em t = 42 s. Calcule o coeficiente de transferência de calor.

NOME:

CURSO: DATA: 12/05/2010

DISCIPLINA: NOTA:

CEAVAP
Centro de Estudos Ambientais do Vale do Paraíba

1)

$$\boxed{\frac{T(t) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-mt}}$$

$$\boxed{m = \frac{h.A}{\rho.C_p.V}}$$

$$\boxed{Bi = \frac{h.s}{K}}$$

a) Para ser possível a aplicação da análise global do sistema, $Bi < 0,1$.

* Cálculo do "s" para a esfera:

$$s = \frac{V}{A} = \frac{\cancel{4}/3\,\cancel{\pi} r^{\cancel{3}}}{\cancel{4}\cancel{\pi}\cancel{r^2}} = \frac{r}{3} = \frac{D}{6}$$

~> sendo $D = 10\,cm = 0,10\,m$

$$Bi = \frac{h.s}{K} = \frac{200 \times (0,10/6)}{386} = 8,64 \times 10^{-3} \ll 0,1$$

$\therefore$ Como $Bi \ll 0,1$, é possível a aplicação da análise global.

b)

$T(t)$ para $t = 5$ minutos

Dados: $T_0 = 250°C$ $\quad$ $h = 200\ W/m^2.°C$

$T_\infty = 50°C$ $\quad$ $t = 5\ min = 300\ s$

* Cálculo do "m":

$$m = \frac{h.A}{\rho.C_p.V} = \frac{h}{\rho.C_p.s} = \frac{200}{8.954 \times 383 \times (0,10/6)} = 3,499 \times 10^{-3}\ s^{-1}$$

* Cálculo da $T(t)$ para $t = 5$ min:

$$\boxed{\frac{T(t) - 50}{250-50} = e^{-3{,}499 \cdot 10^{-3} \cdot t}} \quad (I) \Rightarrow \frac{T(t) - 50}{250-50} = e^{-3{,}499 \cdot 10^{-3} \times 300}$$

$$\frac{T(t) - 50}{200} = e^{-1{,}0497}$$

$$T(t) - 50 = e^{-1{,}0497} \times 200$$

$$T(t) = (e^{-1{,}0497} \times 200) + 50 = 120$$

$$\boxed{\therefore \text{ p/ } t = 5 \text{ min} \Rightarrow T(t) = 120\,°C}$$

$T(t)$ para $t = 10$ minutos

para $t = 10$ min $= 600$ s $\Rightarrow$ substituindo em (I), tem-se:

$$\frac{T(t) - 50}{200} = e^{-3{,}499 \cdot 10^{-3} \times 600}$$

$$T(t) - 50 = (e^{-3{,}499 \cdot 10^{-3} \times 600}) \times 200$$

$$T(t) = [(e^{-3{,}499 \cdot 10^{-3} \times 600}) \times 200) + 50] = 74{,}5$$

$$\boxed{\therefore \text{ p/ } t = 10 \text{ min} \Rightarrow T(t) = 74{,}5\,°C}$$

$T(t)$ para $t = 20$ minutos

para $t = 20\ min = 1200\ s$ ~> substituindo em (I), tem-se:

$$\frac{T(t) - 50}{200} = e^{-3,499 \cdot 10^{-3} \times 1200}$$

$$T(t) - 50 = \left(e^{-3,499 \cdot 10^{-3} \times 1200}\right) \times 200$$

$$T(t) = \left[\left(e^{-3,499 \cdot 10^{-3} \times 1200}\right) \times 200\right) + 50\right] = 53$$

$$\boxed{\therefore\ p/t = 20\ min \Rightarrow T(t) = 53°C}$$

//

NOME:

CURSO: DATA:

DISCIPLINA: NOTA:

Centro de Estudos Ambientais do Vale do Paraíba

2)

a) Para ser aplicável, $Bi < 0{,}1$.

* Cálculo do "s" para o cilindro: $D = 5cm \Rightarrow r = 2{,}5cm$

$r = 0{,}025m$

$$s = \frac{V}{A} = \frac{\pi r^2 . L}{2\pi r^2 + 2\pi r L} = \frac{\pi r^2}{2\pi(r^2+r)} = \frac{r^2}{2(r^2+r)}$$

$$s = \frac{(0{,}025)^2}{2[(0{,}025)^2+0{,}025]} = \frac{0{,}000625}{0{,}05125} = 1{,}220 \times 10^{-2}\ m$$

$$Bi = \frac{h.s}{K} = \frac{80 \times 1{,}220 . 10^{-2}}{60} = 1{,}627 . 10^{-2} << 0{,}1$$

$\therefore$ Como $Bi << 0{,}1$, é possível a aplicação da análise global.

b)

$t = ? \Rightarrow T(t) = 300°C$

Dados: $T_0 = 700°C$ $T(t) = 300°C$

$T_\infty = 100°C$

* Cálculo do "m":

$$m = \frac{h.A}{\rho.C_p.V} = \frac{h}{\rho.C_p.s} = \frac{80}{7800 \times 460 \times 1{,}220 . 10^{-2}} = 1{,}828 . 10^{-3}\ s^{-1}$$

* <u>Cálculo do t para $T(t) = 300\ °C$</u>:

$$\frac{T(t) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-m.t}$$

$$\frac{300 - 100}{700 - 100} = e^{-1,823.10^{-3}.t}$$ → Aplica-se "ln" nos dois lados

$$\ln\left(\frac{300-100}{700-100}\right) = \ln\left(e^{-1,828.10^{-3} \times t}\right)$$

$$-1,828.10^{-3} \times t = -1,099$$

$$t = \frac{-1,099}{-1,828.10^{-3}} = 601,20\ s \cong 10,02\ min$$

$$\boxed{t \cong 10\ \text{minutos}}$$ //

NOME:

CURSO: DATA:

DISCIPLINA: NOTA:

Centro de Estudos Ambientais do Vale do Paraíba

3)

* Do exercício 1, temos que o "s" para a esfera é: $s = \frac{D}{6}$
$D = 5cm = 0,05m$

* Cálculo do "m":

$$m = \frac{h.A}{\rho.Cp.V} = \frac{h}{\rho.Cp.s} = \frac{100}{7883 \times 0,465.10^3 \times {}^{0,05}/_{6}} = 3,274.10^{-3}$$

Dados: $T_0 = 600°C$ $T_\infty = 50°C$
$T(t) = 200°C$ $t = ?$

$$\frac{T(t) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-m.t}$$

$$\frac{200-50}{600-50} = e^{-3,274.10^{-3} \times t}$$ ⇝ Aplica-se "ln" nos dois lados.

$$\ln\left(\frac{200-50}{600-50}\right) = \ln\left(e^{-3,274.10^{-3} \times t}\right)$$

$$-3,274.10^{-3} \times t = -1,299$$

$$t = \frac{-1,299}{-3,274.10^{-3}} = 396,76\ s \cong 6,61\ min$$

$$\boxed{\therefore t \cong 6,61\ min\ \text{ou}\ 6\ min\ e\ 36\ s}$$

4)

Do exercício 1, temos que o "s" para a esfera é: $s = \frac{D}{6}$

$D = 3cm = 0{,}03\ m$

* Cálculo do "m":

$$m = \frac{h \cdot A}{\rho \cdot C_p \cdot V} = \frac{h}{\rho \cdot C_p \cdot s} = \frac{h}{2700 \times 0{,}896 \cdot 10^3 \times 0{,}03/6} = \frac{h}{12096}$$

Dados:

$T_0 = 175°C$ $\quad T(t) = 100°C$

$T_\infty = 25°C$ $\quad t = 42s$

$$\frac{T(t) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-m \cdot t}$$

$$\frac{100 - 25}{175 - 25} = e^{-(h/12096) \cdot 42} = e^{-42h/12096}$$ → Aplica-se "ln" nos dois lados

$$\ln\left(\frac{100-25}{175-25}\right) = \ln\left(e^{-42h/12096}\right)$$

$$\frac{-42h}{12096} = -0{,}693$$

$$-42h = -0{,}693 \times 12096$$

$$h = \frac{-0{,}693 \times 12096}{-42} = 199{,}58$$

$$\boxed{\therefore h = 199{,}58\ W/m^2 \cdot °C}$$