
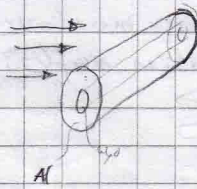


CONDUÇÃO

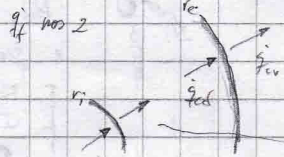
$$\nabla^2 T + \frac{\dot{q}}{\lambda} = \frac{\rho c_p}{\lambda} \frac{\partial T}{\partial t}$$

 $\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dT}{dr} \right) + \frac{\dot{q}}{\lambda} = 0$

$$\dot{q} = -\lambda \frac{dT}{dr} \quad \frac{dT}{dr} = \frac{-r \dot{q} + \frac{C_1}{r}}{2\lambda}$$



condições fronteira

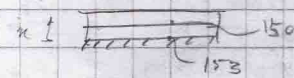


$$\dot{Q}_{\text{transm}} = (\dot{q} \cdot V)_{\text{avg}}$$

$$-\lambda \frac{dT}{dr} \Big|_{r_i}$$

$$C_1 = (\dots)$$

$$\frac{dT}{du^2} + \frac{\dot{q}}{\lambda} = 0 ; \quad \frac{dT}{du} = \frac{-\dot{q} u + C_1}{\lambda}$$



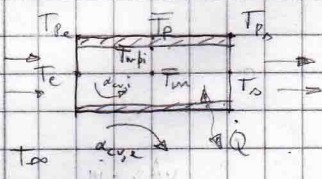
$$\dot{q} \Big|_{x=0} = 0 ; \quad \dot{q} = -\lambda \frac{dT}{du} \Rightarrow -\lambda \left(\frac{-\dot{q} u + C_1}{\lambda} \right)$$

condição pl superfície adiabática

definição de fluxo de calor p/unid área

CONVECSÃO

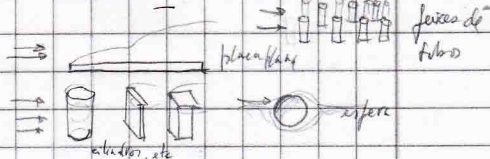
Escalas internas



Cálculo do

- Q
- dimensões do
- Temperatura
- αcv

Escalas externas



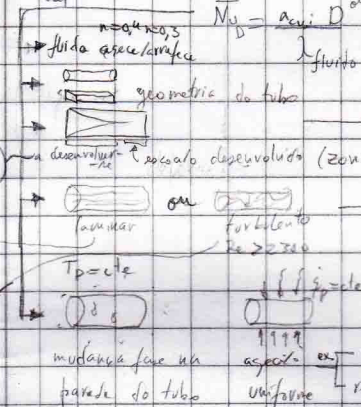
Se $\alpha_{cv} \uparrow \uparrow$
 $T_{pi} \approx T_m$

Se $\alpha_{cv} \uparrow \uparrow$
 $F_p \approx T_a$

O problema passa quase imp
 pela determinação de α_{cv}

O problema passa quase imp
 pela determinação de α_{cv}

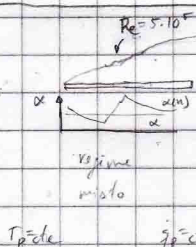
depende



zona de entrada
 $L_e = 0.05 Re D$
 $L_e = 10D$

depende
 $Nu_D = \alpha_{cv} D$
 $\alpha_{cv} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{L} \int_0^L \alpha dx$
 em ex. interiores ou temas
 rec. laminar ou turbulento
 $Re = \frac{VD}{\nu}$

depende



regime laminar

regime misto

regime turb

$Re_{cr} = 2 \cdot 10^3$

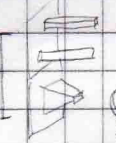
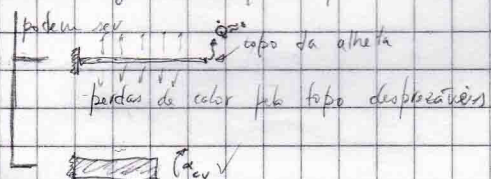
em escalas externas podemos ter os 2, por outro lado esp
 não faz em escala desenvolvida ou a densidade varia

$$\dot{Q} = m c_p \Delta T = \frac{\pm T_m \pm T_a}{\frac{1}{\alpha_{cv}} + \frac{h D}{2kL} + \frac{1}{\alpha_{ext}}}$$

$\dot{Q}_{atleta} + \dot{Q}_{ganho}$

ALHETAS: geral o \dot{q} a pretensão sobre pode ser

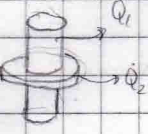
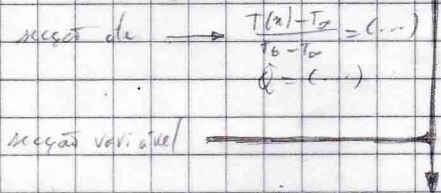
distribuição de T^o nome atleta
 \dot{Q} ganho pela adição de alheta e/ou $\epsilon = \frac{\dot{Q}_{atleta}}{\dot{Q}_{ganho}}$
 dimensionar alheta



$$\frac{T(x) - T_a}{T_b - T_a} = \frac{\cosh(m(L-x))}{\cosh(mL)}$$

$$\dot{Q} = (T_b - T_a) \sqrt{\alpha P L S} \tanh(mL)$$

$$m = \left(\frac{\alpha P}{\lambda S} \right)^{1/2} m^{-1}$$

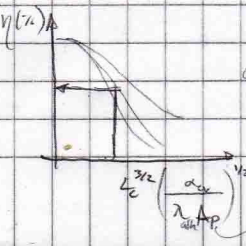


$$\dot{Q} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 =$$

área da ... área da
 alheta ... alheta

$$\dot{Q} = \alpha_{cv} A_{al} (T_b - T_a) + \alpha_{ext} A_{al} (T_b - T_a) \eta$$

como não se sabe distribuição
 de T^o da alheta faz-se o
 cálculo como se tivesse toda à T_a e se



ver-se um gráfico
 confirme a geometria da
 alheta bem como α e λ alh

conceito de
 eficiência η

ERRO
 corrigido
 por

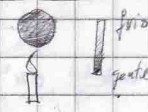
isto no fundo dá
 o \dot{Q}_{max} q alheta
 em transferência
 idealmente

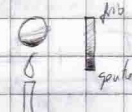
REGIME NÃO PERMANENTE: O objetivo passa grad' por saber qual a T^a do corpo no fim de um certo tempo. Para isso temos 2 casos: ou seja o corpo aquece ou arrefece, a sua T^a varia espacial. \Rightarrow Biot $B_i = \frac{\alpha L_c}{\lambda_{corpo}}$ e igual ao Nu se λ_{corpo} em vez $Nu = \frac{\alpha L_c}{\lambda_f}$

L n.º adimensional usada em cálculos de TC. Da L ideia se a T^a do corpo Δ significativa no seu interior enquanto o corpo aquece ou arrefece devido a um ∇ térmico aplicado à superfície.

$$B_i \ll 1 \quad (\approx B_i \leq 0,1)$$

$$B_i \gg 0,1$$

T^a uniforme no corpo  $\Rightarrow T(t)$ problema + simples

T^a é uniforme no corpo  $\Rightarrow T(t, x, y, z)$

Pl' este caso usa-se o método do sistema global (global pq td o corpo está à mm T^a)

Agi depende da complexidade da geometria e da dimensionalidade da TC

$$\Delta U = \sum Q_i$$

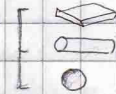
$$\rho V c_p \frac{dT}{dt} = -\alpha A (T - T_{\infty})$$

Resolvendo em ordem a T tem-se

$$(1) \quad \frac{T(t) - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} = e^{\frac{-\alpha A t}{\rho V c_p}}$$



Para os casos monodimensionais e geometrias simples:



usam-se cartas de Heisler:

carta 1: partindo de T corpo inicialmente a T_i uniforme, diz-nos a T^a passado tempo t no centro do corpo ou plano central

carta 2: sabendo em T^a nesse instante a no centro, diz-nos a T^a num r parte do corpo

Fluxo de calor transferido desde instante inicial até t

$$\dot{Q} = \alpha_{cv} A (T(t) - T_{\infty})$$

$$\dot{Q} = \alpha_{cv} A \left(e^{(\dots)t} (T_i - T_{\infty}) + T_{\infty} - T_{\infty} \right) \quad (1)$$

$$\dot{Q} = \alpha_{cv} A (T_i - T_{\infty}) e^{(\dots)t}$$

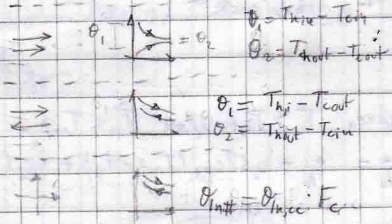
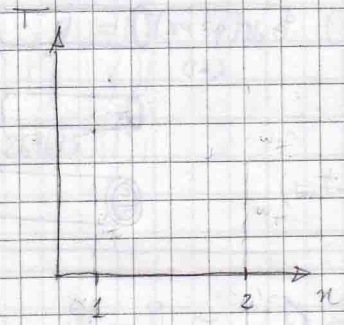
$$Q = \alpha_{cv} A (T_i - T_{\infty}) \int_0^t e^{(\dots)t} (\dots) dt$$

$$Q(t) = \alpha_{cv} A (T_i - T_{\infty}) \frac{e^t}{(\dots)}$$

PERMUTADORES

LMTP

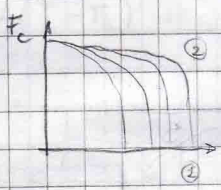
tipo de fluxos θ_1, θ_2



fator de correção

$$\theta_m = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln(\frac{\theta_1}{\theta_2})}$$

'fluido frio (EOF)
'fluido quente
 x_{in} - entrada fluido x
 w_x - saída fluido x



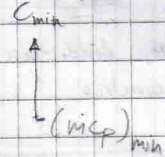
1 e 2 são relações entre as temperaturas

$$\dot{Q} = UA \theta_m = (\dot{M} c_p \theta)_{flow c}$$

h: hot
c: cold

NTU

$$NTU = \frac{UA}{C_{min}}$$



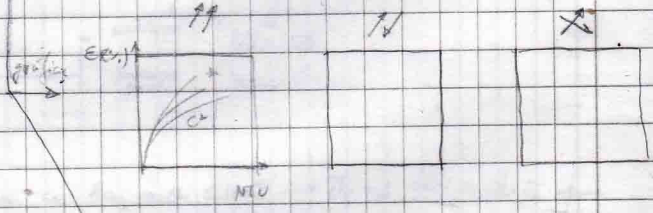
$$\epsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{max}} = \frac{M c_p \theta}{(M c_p)_{min} \theta_{in}}$$

correspondente ao caso em q os 2 fluidos ficariam à mesma temperatura.

relacionam-se por

$$C^* = \frac{C_{min}}{C_{max}}$$

representa o excedente q tem < e > capacidade de receber / emitir energia

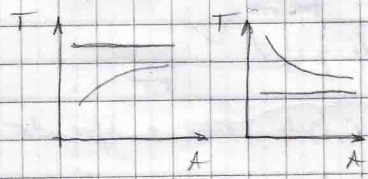


Para TC \Rightarrow Para = $\frac{\text{Área TC}}{V_{permutador}}$ (+ alhetas, + tubos)

exploração $\epsilon = 1 - e^{-C^* NTU}$

$\epsilon = (C^*)$ $\epsilon = (C^*)$

Se houver condensação / vaporização

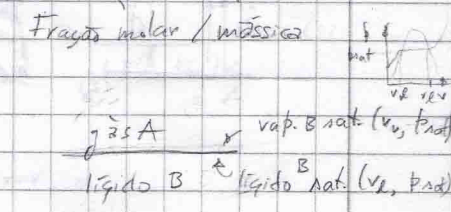


$\rho = cM$
 $\dot{M} = \dot{N}M$
 $m = nM$

facilita q̇ que soluto se mexe dentro do solvente (difunde)

TRANSPORTE DE MASSA

$x = \frac{c_A}{c_A + c_B} = \frac{n_A}{n_A + n_B}$; $F_M = \frac{\rho_A}{\rho_A + \rho_B} = \frac{m_A}{m_A + m_B}$



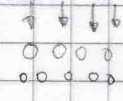
$D = k \frac{T}{\rho}$

Expressão geral
 $\dot{N} = \dot{n}A = -D \frac{dc}{dx} A$

coeficiente de difusão mässica ou difusiv

Casos particulares

$c = \rho \cdot \rho$



$\dot{N} = \frac{c_1 - c_2}{R} = \frac{\Delta n}{AD_{eff} \text{ da subst. na placa}}$

$\dot{N} = \frac{c_1 - c_2}{R}$

$\dot{N} = -D \frac{dc}{dx} A(x)$

R: resistência difusiva

solubilidade do He no vidro

pressão do He
 ao O tem tentos solubilidade em O, i.e. como q̇ calor no min menos duas ordens. Mas se q̇ pressão passarm a meter-a + ea c.p.

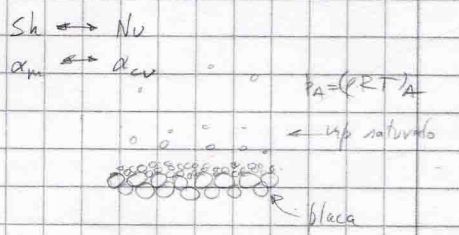
ρ ← concentração mässica (densid mässica)

c ← concentração molar (densid molar) (fracão molar)

$c_m = \frac{m}{M_m} = \frac{1}{V}$
 massa molar (é tipo q̇s feita uma mol) (kg/mol)
 volume específico (m³/kg)



$c_i = \frac{S_{He}}{S_{total}} \cdot P_{He}$



referente o calor a cada partícula transporta

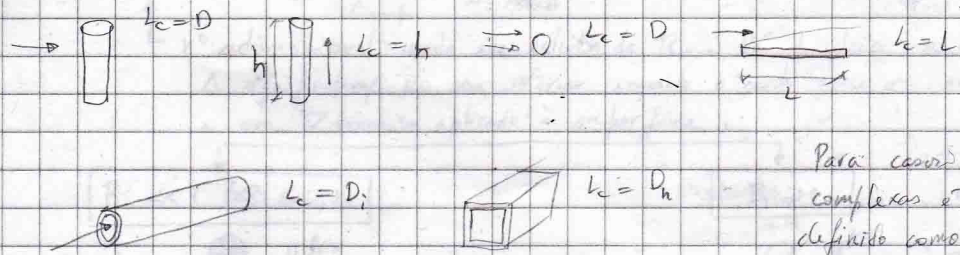
$\overline{Sh} = \overline{\alpha_m} L_c$
 $\overline{\alpha_m} = \frac{D}{L_c}$
 correlação depende geometria

$P_A = P_A \frac{RT}{A}$ (concentração mässica da subst. A na placa (P))

$Sc = \frac{\nu}{D_{AB}}$

Reynolds + geometria
 - laminar
 - misto
 - turb.

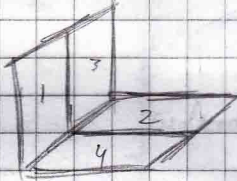
L_c = comprimento característico = dimensão importante para o objeto. Não há definição universal. Em escoado externo é a dimensão segundo o escoado



Para casos de geometrias complexas é algumas vezes definido como Volume / Área superficial

Fatores de forma:

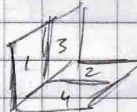
→ saber aproveitar simetrias;



$$F_{14} = F_{32}$$

$$F_{12} = F_{34}$$

→ saber fazer conjuntos de superfícies



$$F_{13-24} = F_{13-2} + F_{13-4}$$

Nota: a regra da sobreposição diz

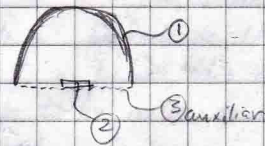
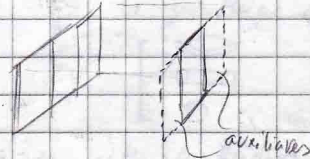
$$F_{2-3} = F_{2-1} + F_{2-3} \quad \checkmark$$

mas não

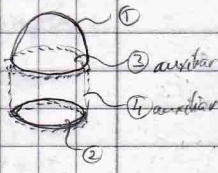
$$F_{13-2} = F_{1-2} + F_{3-2} \quad !$$

$$(A_1 + A_3) F_{13-2} = A_1 F_{1-2} + A_3 F_{3-2} \quad \checkmark$$

→ utilizar superfícies auxiliares



$$F_{12} + F_{13} = 1$$



$$F_{2-3} = F_{2-1}$$

$$F_{4-3} = F_{4-2}$$