

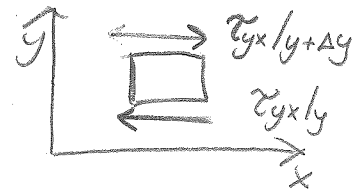
Formelsamling, Transportprocesser

Rörelsemängdstransport

Skjuvkraft:

$$\tau_{yx} [\text{N/m}^2] = \mu \frac{dv_x}{dy} = \frac{\partial P}{\partial x} \cdot y$$

$$\mu = \rho \cdot \nu$$



Rörelsemängdsbalans:

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{C.V.} \rho \vec{v} dV}_{\text{ack.}} = - \underbrace{\iint_{C.S.} \vec{v} (\rho \vec{v} \cdot \vec{n}) dA}_{\text{netto in}} + \underbrace{\sum \vec{F}}_{\text{prod.}}$$

Bernoullis ekvation:

$$\rho g y_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} = \rho g y_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho}$$

+ΔP vid tryckförluster

- Stationärt
- Inkompressibelt ($\rho = \text{konst.}$)
- Idealt ($\mu = 0$)
- Inget värmeutbyte
- Inget arbete

Hagen-Poiseuille (laminärt!)

$$-\frac{dP}{dx} = \frac{32 \mu v}{D^2}$$

vid v_{\max} ,

$$v = \frac{v_{\max}}{2}$$

- Kontinuum
- Laminärt
- Steady-state
- Fullt utvecklade
- $\mu = \text{konstant}$

Tryckfall i rørsystem:

Bernoullis med friktionsförluster:

$$\rho g y_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \frac{P_1}{\rho} = \rho g y_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \frac{P_2}{\rho} + \sum h_L$$

Rör: $h_L = 2C_f \cdot \frac{L}{D} \cdot v^2 = \frac{\Delta P}{\rho}$

Rördetaljer: $h_L = \frac{f}{2} \frac{v^2}{2} = \frac{\Delta P}{\rho}$

fån tabell

$$C_f = f\left(\frac{e}{D}, Re\right)$$

Laminärt: $C_f = \frac{16}{Re}$

turbulent: från tabell s. 173

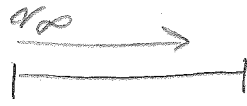
$$C_f = f_f$$

Lörelsemängdstransport:

Kraft på omströmmade kroppar:

$$\frac{F}{A} = C \cdot \frac{\rho v_{\infty}^2}{2} \quad A = \text{karaktäristisk yta}$$

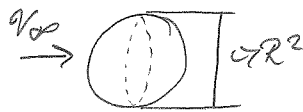
I) Ren friktion



A , faktisk yta

$C = C_f$, friktionkoefficienten

II) Kroppar med utsträckning

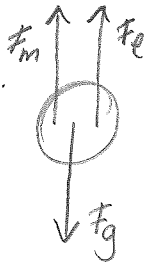


$A = A_{\perp}$, projicerad yta
mot strömningens riktning

$C = C_D$, motståndskoefficient.

Kraftbalans konstant fallhastighet

$$F_{\text{motstånd}} + F_{\text{flytkraft}} = F_{\text{gravitation}}$$



$$F_g = F_m + F_e$$

$$F_g = V g s$$

$s = \text{solid}$
 $f = \text{fluid}$

$$F_e = V g f$$

$$F_m = C_D \cdot A_{\perp} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_f \cdot v_{\infty}^2$$

Kontinuitetskvationen

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

$\rho = \text{konstant}$

Reynold's tal

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

övergång laminärt \rightarrow turbulent: rör $Re \approx 2300$

rank kroppar $Re \approx 2 \cdot 10^5 \rightarrow 3 \cdot 10^5$

Formelsamling, Transportprocesser

Värmetransport

Ledning

$$\frac{q}{A} = k \frac{\Delta T}{y}$$

k = konduktivitet [W/mK]

$$\frac{q_y}{A} = -k \frac{dT}{dy}$$

se kap. 17 för ledning i rör o. cyl.

Strömning (konvektion)

$$\frac{q}{A} = h \Delta T$$

h = värmeöverföringskoefficient [$\text{W/m}^2\text{K}$]

Strålning

$$\frac{q}{A} = \sigma T^4$$

$\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} [\text{W/m}^2\text{K}^4]$

Ekvivalens, seriekoppling:

$$q = \frac{\Delta T}{\sum R}$$

$$\Delta T = \Delta T_{\text{em}} \text{ i VVX}$$

$$R = \frac{1}{hA} \text{ eller } \frac{L}{kA}$$

(obs: olika för rör o. cyl. Se kap 17)

Dimensionslösa tal:

$$Bi = \frac{h(W/d)}{k} = \frac{hL}{k} \quad (k \text{ för solid})$$

$$Nu = \frac{hL}{k} \quad (k \text{ för fluid})$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad \alpha = \frac{k}{\rho c_p}$$

$$Gr = \frac{\beta \rho^2 g L^3 \Delta T}{\mu^2} \quad (g \text{ för fluid})$$

Värmetransport

Beräkningar med Biot's tal:

$Bi \ll 0,1 \Rightarrow$ konvektiv resistans dominerar

 temp i utri rummet vara samma överallt.
(temp. prof.)

$$\frac{T(t) - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = e^{\left(\frac{-hAt}{\rho V C_p}\right)}$$

$Bi \approx 0,1$ och $Bi \gg 0,1$ kräver lösning m.h.a. diagram
 \Rightarrow appendix F

Halvständigt vägg

$$\frac{T_s - T}{T_s - T_0} = \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \quad \text{errorfunktion, värden ur tabell.}$$

Masstransport

$$g = \sum g_i$$

$g_i =$ masskoncentration för ämne i [ex. kg/l]

$$w_A = \frac{g_A}{g}$$

$$\sum w_i = 1$$

$$c = \sum c_i$$

$c_i =$ koncentration ämne i [ex. mol/l]

$$c_A = \frac{g_A}{M_A}$$

$$x_A = \frac{c_A}{c} = y_A \quad , \quad y_A = \frac{p_A}{p} \text{ för gaser}$$

$$\sum x_i = 1 \quad , \quad \sum y_i = 1$$

Formelsamling, Transportprocesser

Classtransport

Molekyl flux:

$$N_A = -c D_{AB} \nabla y_A + y_A (v_A + v_B)$$

diffusion bulkströmning

D_{AB} finns tabellerad för vanliga lösningar och temperaturer. För beräkning, eq. (24-33) m. h. a. (24-39) & (24-40) samt tabeller för dessa värden, eller eq. (24-42) om tabellerade värden saknas.

Vid ändring av $T = P$ från känt D_{AB} , eq. (24-41).

Classflux

$$N_{AB} = -S D_{AB} \nabla w_A + w_A (v_A + v_B)$$

diffusion bulkströmning

Konvektion

$$N_A = k_c \Delta C$$

$$N_A \text{ [mol/m}^2\text{s]}$$

Kontinuitetsekvation

$$\nabla \cdot N_A + \frac{\partial c_A}{\partial t} - R_A = 0$$

$$R = \text{molär produkt/volym}$$

$$\nabla \cdot n_A = \frac{\partial \rho_A}{\partial t} - \Gamma_A = 0$$

$$r = \text{massprodukt/volym}$$

Dimensionslösa tal:

$$Nu_{AB} = Sh = \frac{k_c L}{D_{AB}}$$

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

$$Gr_{AB} = \frac{L^3 g (\Delta \rho_A)}{\nu^3 \rho}$$

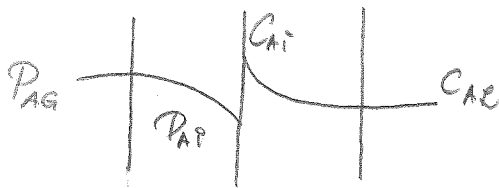
Masstransport

Halvändlig vägg

$$\frac{c_{A,s} - c_A}{c_{A,s} - c_0} = \operatorname{erf}\left(\frac{z}{2\sqrt{D_{AB}t}}\right) \quad (\text{eq. 27-9})$$

Tabellösning: Om ytan har konstant konc. $\Rightarrow \frac{1}{k_c} = 0 \Rightarrow m=0$
(unsteady-state)

Tvåfilmsteori



$$\begin{aligned} N_A &= k_G (P_{AG} - P_{AI}) = k_L (C_{AI} - C_{AL}) \\ &= k_G (P_{AG} - P_A^*) = k_L (C_A^* - C_{AL}) \end{aligned}$$

P_A^* = jämviktstryck vid $C_A = C_{AL}$

C_A^* = jämviktst koncentration vid $P_{AI} = P_{AG}$

k_G, k_L = "over all mass transfer coefficient"

$$\frac{1}{k_G} = \frac{1}{k_g} + \frac{m}{k_L}$$

m = Henrys konstant

$$\frac{1}{k_L} = \frac{1}{k_l} + \frac{1}{mk_g}$$

Analogier

Chilton-Colburn:

$$j_H = j_D = \frac{C_f}{2}$$

$$j_H = St_H Pr^{1/3} = \frac{Nu}{Re Pr} Pr^{1/3} = \frac{h}{\rho C_p} Pr^{2/3}$$

$$j_D = St_D Sc^{1/3} = \frac{Sh}{Re Sc} Sc^{1/3} = \frac{k}{\nu} Sc^{2/3}$$

$$C_f = \frac{F}{A} \frac{2}{8V^2}$$

← gäller ej vid strömning
runt fasta kroppar med
fermotstånd