BILANCI SEMI CONTINUO

$$V_L \frac{d\langle C_A\rangle^\beta}{dt} = J_A^* V_L - \langle -r_A\rangle^\beta \cdot V_L$$

$$V_L \frac{d\langle C_B\rangle^\beta}{dt} = -b\,\langle -r_A\rangle^\beta \cdot V_L$$

$$V_\sigma \frac{d\langle C_A\rangle^\sigma}{dt} = q_\sigma^{IN}\langle y_A\rangle_\sigma^{IN} - J_A^* \cdot V_L$$

BILANCI COLONNA

$$\langle N^\beta\rangle \frac{d\langle C_A\rangle^\beta}{dz} + J_A = \langle -r_A\rangle^\beta$$

$$\langle N^\beta\rangle \frac{d\langle C_B\rangle^\beta}{dz} = b\,\langle -r_A\rangle^\beta$$

$$\frac{d\left(\langle N^\sigma\rangle\langle y_A\rangle^\sigma\right)}{dz} + J_A = 0$$

BILANCI CSTR

$$q_\beta\left[\langle C_A\rangle_{IN}^\beta - \langle C_A\rangle^{\beta\,OUT}\right] + J_A^* V_L = \langle -r_A\rangle^\beta \cdot V_L$$

$$q_\beta\left[\langle C_B\rangle_\beta^{IN} - \langle C_B\rangle_\beta^{OUT}\right] = b\,\langle -r_A\rangle^\beta \cdot V_L$$

$$q_\sigma\left[\langle y_A\rangle_\sigma^{IN} - \langle y_A\rangle_\sigma^{OUT}\right] = J_A^* \cdot V_L$$

BILANCIO DIFFERENZIALE

$$\langle \overline{C_A}\rangle \cdot x_A = \langle -r_A\rangle\,\tau$$

COLONNA A RIEMPIMENTO → BILANCIO SU INSOLUBILI

BILANCIO INTERFACCIA

$$K_G\,a_{pp}\left(\langle p_A\rangle_\sigma - \langle p_A\rangle_{p\sigma}\right) = k_{L0}\,E\,a_{pp}\left(\langle C_A\rangle_{p\sigma} - \langle C_A\rangle^\beta\right)$$

$\langle C_A\rangle^\beta = 0$ per ipotesi

REGIMI VELOCI

IB = PSEUDO 1° ORDINE

$$3 < \Phi_A < E_i/2 \quad ; \quad E = \Phi_A$$

I AB = MOLTO VELOCE

$$E_i/2 < \Phi_A < 10\,E_i$$

$$E = \frac{\Phi_A\sqrt{\frac{E_i - E}{E_i - 1}}}{\tanh\left[\Phi_A\sqrt{\frac{E_i - E}{E_i - 1}}\right]}$$

I A = INFINITAMENTE VELOCE

$$\Phi_A > 10\,E_i \qquad E = E_i$$

REGIMI LENTI $\Phi_A < 3$ $E = 1$

CALCOLO MASSA CATALIZZATORE:

$$M = \frac{L\,\varepsilon_\sigma\,\rho_{cat}}{\langle N_z\rangle\,C_{A0}} \quad \text{oppure} \quad M = \frac{\rho_{cat}\,\rho_M\left(\frac{1}{1-x_A}\right)}{k\,\eta\,C_{A0}}$$

$$\langle -r_A\rangle = \varepsilon_\sigma\,k'\,\eta_0\left(\langle C_A\rangle^\beta\right)^m$$

- REGIME CHIMICO: $\eta_0 = \eta_i = \frac{\tanh\Phi}{\Phi} = 1$
- REGIME DIFF. INTERNO: $\eta_0 = \eta_i = \frac{\tanh\Phi}{\Phi} \cong \frac{1}{\Phi}$
- REGIME DIFF. ESTERNO: $\frac{1}{\eta_0} = \frac{\Phi^2}{Bi_m} \rightarrow \eta_0 = \frac{Bi_m}{\Phi^2}$

FLUSSO di A J_A:

$$J_A = k_g\,a_{pp}\left[\langle p_A\rangle_\sigma - \langle p_A\rangle_{p\sigma}\right]$$

$$J_A = k_{L0}\,E\,a_{pp}\left[\langle C_A\rangle_{p\sigma} - \langle C_A\rangle^\beta\right]$$

$$J_A = K_G\,a_{pp}\left[\langle p_A\rangle_\sigma - \langle p_A\rangle^\beta\right]$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

master COPY COPISTERIA 050/8312126 388/9837745

Compito di Ingegneria delle Reazioni Chimiche

Data: 16.01.2003

Durata: 3 ore

Esercizio N. 1

La seguente reazione irreversibile:

$$A \xrightarrow{K} B$$

avviene **sulla superficie esterna di un catalizzatore non poroso** ($d_p = 1\,\text{mm}$, $\epsilon_\beta = 0.4$) in assenza di effetti termici rilevanti. La cinetica di reazione è di **II ordine.**

1. Ricavare l'espressione dell'efficienza esterna (isoterma).
2. Conoscendo i seguenti dati:

$$K = 65\,\frac{\text{L}}{\text{mol}\cdot\text{s}} \qquad k_g = 2.5\,\frac{\text{cm}}{\text{s}}$$
$$< v_z >= 1.5\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \qquad c_{A0} = 0.5\,\frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

calcolare la lunghezza del reattore tubolare PFR in cui si realizza una conversione di $x_A = 0.6$.

Esercizio N. 2

La seguente reazione:

$$A \xrightarrow{K} B$$

avviene con effetti termici trascurabili in un reattore di lunghezza $L = 2\,\text{m}$ riempito di **particelle catalitiche porose** di diametro $d_p = 2\,\text{mm}$. Conoscendo i seguenti dati:

$$\epsilon_\beta = 0.5 \qquad < v_z >= 0.2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$K = 0.25\,\text{s}^{-1} \qquad \mathcal{D}^A_{\text{eff}} = 3\cdot 10^{-8}\,\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

e sapendo che le resistenze diffusive esterne sono trascurabili:

1. calcolare la conversione in uscita dal reattore;
2. sapendo che le perdite di carico hanno la seguente espressione:

$$\Delta p = f\frac{L}{d_p}\rho_g < v_z >^2,$$

dove

$$f = 76\text{Re}^{-0.15}, \qquad \text{Re} = \frac{\rho_g d_p < v_z >}{\mu_g \epsilon_\beta}$$

calcolare il diametro delle particelle e la corrispondente lunghezza del reattore che permettono di ridurre le perdite di carico del 30%.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

master COPY COPISTERIA
050/8312126 388/9837745

16/01/2003

Esercizio N. 3

La seguente reazione **gas-liquido**:

$$2\mathrm{A(g)} + \mathrm{B(l)} \xrightarrow{K} 3\mathrm{C(l)}$$

avviene in un **reattore continuo perfettamente miscelato** in cui si alimenta una portata liquida $q_\beta = 75\ \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{m}}$ contenente B in concentrazione $c_{B0} = 2.5\ \frac{\mathrm{mol}}{\mathrm{L}}$ ed una corrente gassosa contenente A. Nelle condizioni di reazione sono noti i seguenti dati:

$$K = 58000\ \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{s}} \qquad a_{\beta\sigma} = 6\ \frac{\mathrm{cm}^2}{\mathrm{cm}^3_{\mathrm{L}}} \qquad < p_A >^{\sigma} = 2.5\ \mathrm{atm}$$

$$\mathcal{H} = 22\ \frac{\mathrm{atm}\cdot\mathrm{L}}{\mathrm{mol}} \qquad \mathcal{D}_A = 6\cdot 10^{-5}\ \frac{\mathrm{cm}^2}{\mathrm{s}} \qquad \mathcal{D}_B = 1.2\cdot 10^{-5}\ \frac{\mathrm{cm}^2}{\mathrm{s}}$$

$$k_{L0} = 0.02\ \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}} \qquad k_g = 7.5\cdot 10^{-3}\ \frac{\mathrm{mol}\cdot\mathrm{cm}}{\mathrm{L}\cdot\mathrm{atm}\cdot\mathrm{s}}$$

1. Calcolare il volume di liquido V_L necessario ad ottenere una conversione di B del 75 %.
2. Calcolare la corrispondente produttività di C in $\frac{\mathrm{kmol}}{\mathrm{h}}$.

mostel COSY COPISTERIA 050/8312126 388/9837745