

Tentamen i Kemisk reaktionsteknik för Kf3, K3 (KKR 100)

Onsdagen den 27 april 2011 kl 8:30-13:30 i V

Examinator: Docent Louise Olsson

Louise Olsson (031-772 4390) kommer att besöka tentamenslokalen på förmiddagen.

Tillåtna hjälpmedel

Valfri räknare
Formelsamlingar utgiven av institutionen
TEFYMA
Standard Mathematics Handbook
beta Mathematics Handbook
Physics Handbook
Handbook of Chemistry and Physics

Ej tillåtna hjälpmedel

Kursbok, "Elements of Chemical Reaction Engineering"
Kompendium I KRT
KRT övningsbok
Lösta exempel

Betygskala:

Poäng	Betyg
15-19.5	3
20-24.5	4
25-30	5



Uppgift 1 (4 poäng)

Det finns olika blandningsmodeller. Två av dem är fullständig omblandning och fullständig segregation.

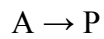
a) Om kinetiken beskrivs av reaktionshastigheten $r=k*c^2$, vad blir då förhållandet mellan reaktionshastigheten för fullständig omblandning (r_{mixing}) och reaktionshastigheten för fullständig segregation ($r_{\text{segregerat}}$). Dvs vad blir $r_{\text{mixing}}/r_{\text{segregerat}}$?

b) Om $r=k*c$, vad blir då $r_{\text{mixing}}/r_{\text{segregerat}}$?

Tydlig motivering krävs.

Uppgift 2 (6 poäng)

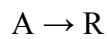
Produkten P framställs kontinuerligt i en tankreaktor via reaktanten A. Produkterna och reaktanterna är i gasfas och trycket är 1 atm och temperaturen 500K.



Reaktionen är ett förlopp av första ordningen och hastighetsekvationen kan skrivas:

$$r_1 = k_1 C_A, \text{ där } k_1 = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} (\text{kg katalysator})^{-1}$$

Med denna katalysator sker även bireaktionen



För denna gäller hastighetsekvationen

$$r_2 = k_2 C_A^2, \text{ där } k_2 = 3 \times 10^{-5} \text{ m}^6 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1} (\text{kg katalysator})^{-1}$$

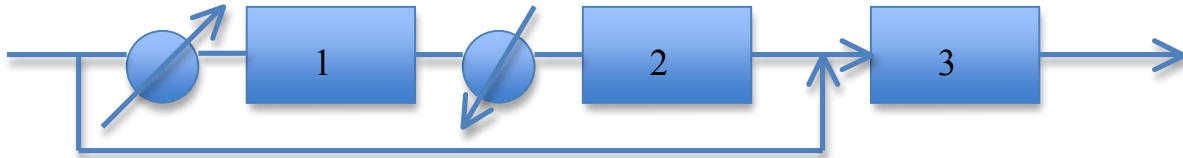
Inflödes hastigheten är 1.5 mol s^{-1} och består av ren A. Omsättningen av A över reaktorn är 55%. Beräkna katalysatormassan i reaktorn.

Uppgift 3 (7 poäng)

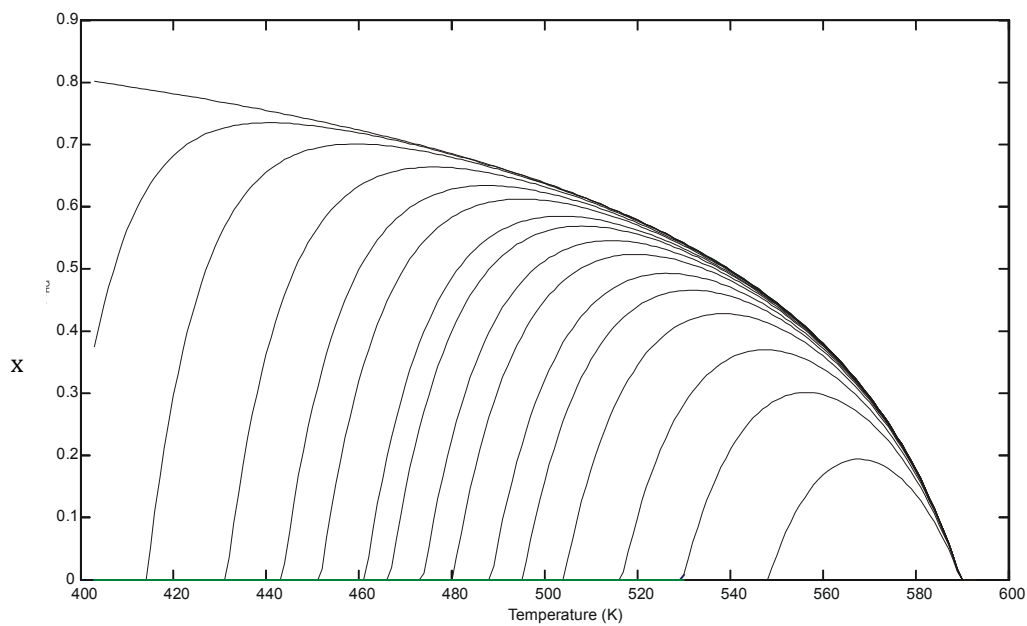
Reaktionen



är en jämviktsreaktion, med hastigheten r_f för reaktionen $A \rightarrow B$ och hastigheten r_b för reaktionen $B \rightarrow A$. Både framåt och bakåt reaktionerna är av första ordningen. Reaktionen sker i reaktorsystemet nedan. Komponenterna är i vätskefas.



Nedan är x - T diagrammet för denna reaktion. Sätt upp ekvationerna och beskriv i detalj hur omsättningsgraden ut från hela systemet ska beräknas. Alla beteckningar som används skall definieras eller ritas in i figuren.



Uppgift 4 (7 poäng)

En första ordningens reaktion $A \rightarrow B$ sker i en tankreaktor. A och B är vätskor och reaktionen sker över sfäriska katalysatorpartiklar (1 mm i radie). Både det yttre och inre masstransportmotståndet är viktiga.

Inflödet består av 150 mol/m^3 A och resten inert, med det totala flödet är $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$. Katalysatormassan är 3kg.

$$k = 3.45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{s kg katalysator})$$

$$Sh = 2 \text{ (för betingelserna i reaktorn)}$$

$$D_a = 3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (Axiell dispersionskoefficient)}$$

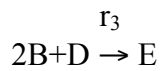
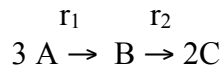
$$\rho_p = 3500 \text{ kg/m}^3 \text{ (katalysatorpartikelns densitet)}$$

$$D_{\text{eff}} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (Effektiv diffusivitet)}$$

- a) Vad är omsättningsgraden av A?
- b) Vad är omsättningsgraden av A om det yttre mass-transportmotsåndet försummas?

Uppgift 5 (6 poäng)

Följande reaktioner sker i en tankreaktor



Där B är den önskade produkten.

$$r_1 = k_1 C_A$$

$$r_2 = k_2 C_B$$

$$r_3 = k_3 C_B^2 C_D$$

Sätt upp ekvationer för att beskriva hur koncentrationen av produkten B varierar i tiden, dvs transient förlopp. Beskriv också tillvägagångssätt för att lösa problemet, men inga ekvationer behöver lösas. Alla komponenter är i vätskefas.

KRT 2011-04-27

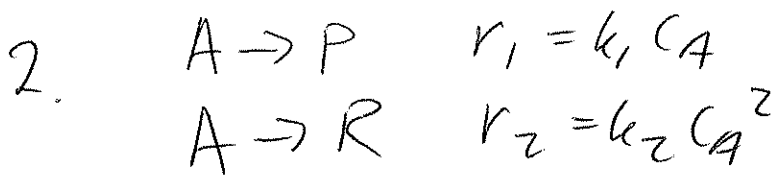
Ex. med 2 polymer.

$$1. a) R_s = kVc_1^n + kVc_2^n = kV(c_1^n + c_2^n)$$

$$R_m = k(2V) \left(\frac{Vc_1}{2V} + \frac{Vc_2}{2V} \right)^n = 2kV \left(\frac{c_1 + c_2}{2} \right)^n$$

$$n=2 \quad \frac{R_s}{R_m} = \frac{kV(c_1^n + c_2^n)}{2kV \left(\frac{c_1 + c_2}{2} \right)^n} = \frac{c_1^2 + c_2^2}{\frac{2}{4} (c_1 + c_2)^2} =$$
$$= \frac{2(c_1^2 + c_2^2)}{(c_1 + c_2)^2} \quad \frac{R_m}{R_s} = \frac{(c_1 + c_2)^2}{2(c_1^2 + c_2^2)}$$

$$b) n=1 \quad \frac{R_m}{R_s} = \frac{c_1 + c_2}{\frac{2(c_1 + c_2)}{2}} = 1$$



$$F_{Af} - F_{Af}(1-x) - k_1 C_A W - k_2 C_A^2 \cdot W = 0$$

$$C_A = y_A \cdot C_{tot} = y_A \cdot \frac{P}{RT}$$

$$y_A = \frac{F_A}{F_{tot}} = \frac{F_A}{F_{Af}} = \frac{F_{Af}(1-x)}{F_{Af}} = 1-x$$

$$F_{Af} - F_{Af}(1-x) - k_1 \cdot C_{tot} \cdot (1-x) \cdot W -$$

$$- k_2 \cdot C_{tot}^2 \cdot (1-x)^2 \cdot W = 0$$

$$W \left(k_1 C_{tot} (1-x) + k_2 \cdot C_{tot}^2 (1-x)^2 \right) =$$

$$= F_{Af} - F_{Af}(1-x)$$

$$W = 17,4 \text{ kg}$$

$$3. \sum F_{if} \int_{T_{ref}}^{T_{if}} c_{pi} dT - \sum F_e \int_{T_{ref}}^{T_1} c_{pe} dT +$$

$$+ F_{Af} X_A (-\Delta H) = 0$$

$$T_{ref} = T_1$$

$$X_A = \frac{\sum F_{if} \cdot c_{pi} (T_1 - T_{if})}{F_{Af} (-\Delta H)}$$

$$\frac{T_2 - T_{f2}}{T_1 - T_f} = \gamma$$

X_1, X_2 från grafen.

Blandningspunkt:

$$\text{MB: } F_{m,A} \cdot \alpha + F_{Af} \cdot (1 - X_2) = F_m \cdot (1 - X_{3f})$$

Lös ut X_{3f} .

$$\text{VB: } \sum F_{2,i} \cdot c_{pi} \cdot (T_2 - T_{ref}) + \alpha \cdot \sum F_{m,i} \cdot c_{pi} \cdot (T_m - T_{ref})$$

$$= \sum F_{3,i} \cdot c_{pi} \cdot (T_{3f} - T_{ref})$$

Sätt $T_{ref} = T_2 \Rightarrow$ första termen försumma

Lös ut T_{3f} .

VB över tanke 3

$$\sum F_{3f,i} \int_{T_{ref}}^{T_{3f}} c_{pi} dT - \sum F_{3,e} \int_{T_{ref}}^{T_3} c_{pe} dT +$$

$$+ F_{Af} (X_3 - X_{3f}) \cdot (-\Delta H) \Rightarrow \textcircled{3}$$

$$T_{ref} = T_3$$

$$X_3 - X_{3f} = \frac{\sum F_{3f,i} (T_{3f} - T_3)}{F_{Af} (-\Delta T)}$$

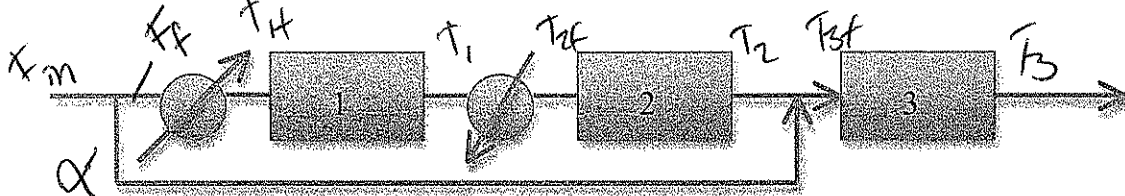
Lägg in i graf $\rightarrow X_3$

Uppgift 3 (7 poäng)

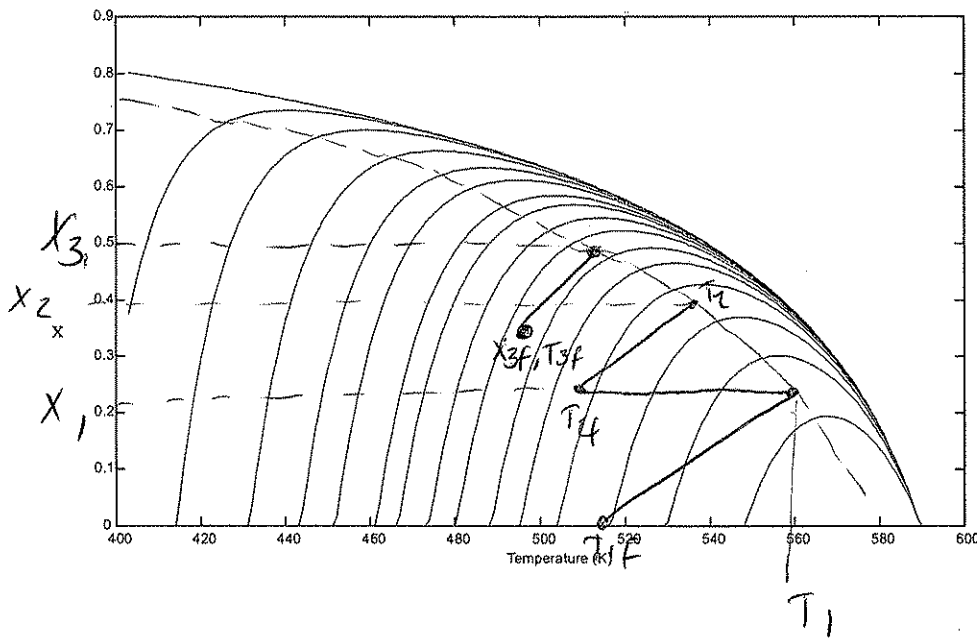
Reaktionen



är en jämviktsreaktion, med hastigheten r_f för reaktionen $A \rightarrow B$ och hastigheten r_b för reaktionen $B \rightarrow A$. Både framåt och bakåt reaktionerna är av första ordningen. Reaktionen sker i reaktorsystemet nedan. Komponenterna är i vätskefas.



Nedan är x-T diagrammet för denna reaktion. Sätt upp ekvationerna och beskriv i detalj hur omsättningsgraden ut från hela systemet ska beräknas. Alla beteckningar som används skall definieras eller ritas in i figuren.



$$4. a) A \rightarrow B \quad r = k\eta C_{AS}$$

$$q C_{AF} - q C_A - \eta \cdot k C_{AS} \cdot W = 0$$

$$\theta = r_p \sqrt{\frac{k_s \rho_p}{D_{eff}}} = 6,34$$

$$\eta = \frac{3}{\theta} \left(\frac{1}{\tanh \theta} - \frac{1}{\theta} \right)$$

$$k_c \cdot a_c \cdot (C_{AB} - C_{AS}) = \eta \cdot k C_{AS}$$

$$C_{AS} = \frac{k_c a_c C_{AB}}{k \cdot \eta + k_c \cdot a_c}$$

$$q C_{AF} - q \cdot C_A - \eta \cdot k W \cdot \frac{k_c a_c C_{AB}}{\eta \cdot k + k_c \cdot a_c} = 0$$

$$Sh = \frac{k_c \cdot d_p}{Da} \Rightarrow k_c = \frac{Sh \cdot Da}{d_p} \quad a_c = \frac{6}{\rho_p d_p} = 0,857$$

$$= 3,0 \cdot 10^{-3}$$

$$C_{AB} = 64$$

$$X = 1 - \frac{C_{AB}}{C_{AF}} = 0,57$$

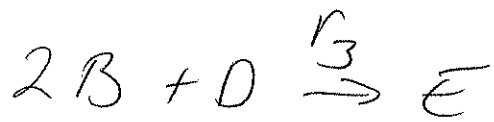
(6)

4b) Ytre mass-transport forsummas

$$q^{CA_B} - q^{CA_6} - \eta \cdot k_{CA_6} \cdot W = 0$$

$$C_{A_6} = 34,3$$

$$X = 1 - \frac{C_{A_6}}{C_{A_B}} = \underline{\underline{0,67}}$$



$$r_1 = k_1 C_A$$

$$r_2 = k_2 C_B$$

$$r_3 = k_3 C_B^2 C_D$$

$$\text{MB map A: } q \cdot C_{Af} - q \cdot C_A - 3k_1 \cdot C_A \cdot V = V \cdot \frac{dC_A}{dt} \quad (1)$$

$$\text{MB map B: } q \cdot C_{Bf} - q \cdot C_B + k_1 \cdot C_A \cdot V - k_2 C_B \cdot V - 2k_3 C_B^2 \cdot C_D \cdot V = V \cdot \frac{dC_B}{dt} \quad (2)$$

$$\text{MB map C: } q C_{Cf} - q C_C + 2k_2 C_B \cdot V = V \cdot \frac{dC_C}{dt} \quad (3)$$

$$\text{MB map D: } q C_{Df} - q C_D - k_3 C_B^2 \cdot C_D \cdot V = V \frac{dC_D}{dt} \quad (4)$$

Los e.w. (1) + (2) + (4) tillsammans

från $t=0$; $C_A = C_{Af}$, $C_B = C_{Bf}$, $C_D = C_{Df}$

hitt $t=t$; $C_A = C_A$, $C_B = C_B$, $C_D = C_D$