

# Reattori Chimici

## Anno Accademico 2011-2012

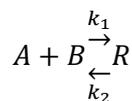
Cognome	Nome	Matricola	Firma

**Problema 1.** Una reazione irreversibile del primo ordine  $A \xrightarrow{k_1} R$  viene condotta in un CSTR isoterma ideale, ottenendo una conversione  $X_{A1}$ . Il CSTR ha un tempo di riempimento  $\tau$ .

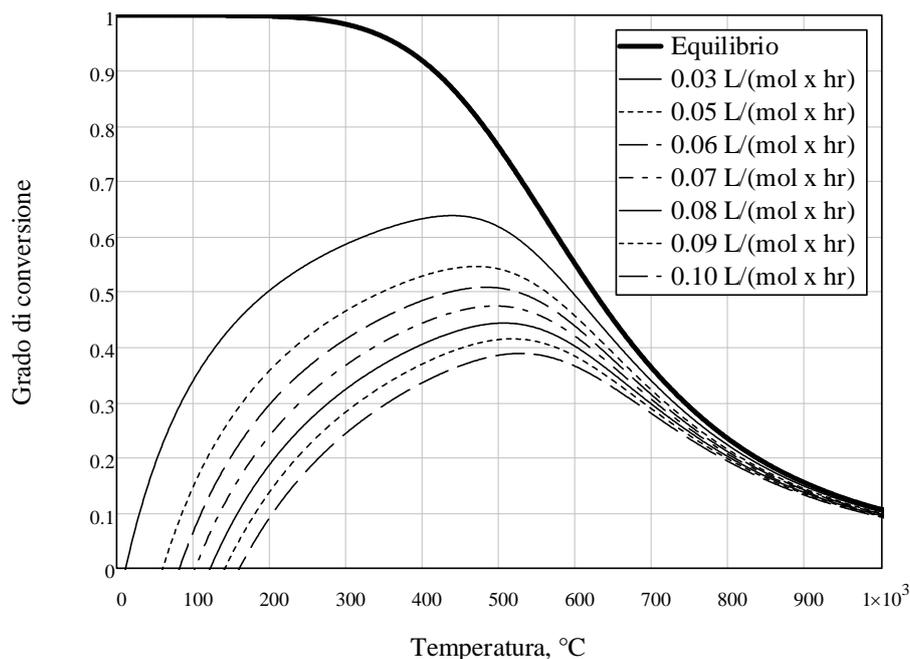
1. Determinare il numero di Damköhler,  $k_1\tau$ , per il sistema in esame;
2. Calcolare la conversione,  $X_{A2}$ , che si otterrebbe aggiungendo in serie altri due CSTR isotermi ideali, di volumi uguali al primo;
3. Calcolare il tempo di riempimento del PFR isoterma ideale utile a realizzare la conversione  $X_{A2}$ .

**Dati.**  $X_{A1} = 5/6$ ,  $\tau = 5$  hr.

**Problema 2.** Per la reazione chimica reversibile esotermica



Il diagramma  $X_A$  vs.  $T$  è riprodotto in figura, per  $C_{A0} = C_{B0}$ . Il parametro delle curve isocinetiche è  $-r_A/C_{A0}^2$  ed i relativi valori sono riportati nella legenda. La reazione evolve senza provocare variazioni di volume, il calore specifico è uguale per tutti i composti,  $C_p$ , ed è indipendente dalla temperatura.



La miscela reagente è disponibile alla temperatura iniziale  $T_0$ , e si vuole realizzare una conversione pari a  $X_{Af}$  utilizzando uno o più reattori ideali adiabatici.

1. Disegnare la curva  $1/-r_A$  vs.  $X_A$  per il processo desiderato,
2. Determinare la disposizione di reattori ideali che minimizza il volume totale necessario ad ottenere la conversione desiderata;
3. Dimensionare i reattori selezionati al precedente punto 2 e confrontare il volume con il volume necessario per condurre la reazione in un singolo CSTR e in un singolo PFR adiabatici.

**Dati.**  $C_{A0} = 3.4$  mol/L,  $X_{Af} = 0.58$ ,  $C_p = 170$  J/(mol·K),  $T_0 = 120^\circ\text{C}$ ,  $\Delta H = -108$  kJ/mol.

**Istruzioni:** compilare innanzitutto con i propri dati la parte alta di questo foglio; per le risposte utilizzare solo questo foglio.

Prova d'esame - 21 giugno 2012

**Problema 1.** Una reazione irreversibile del primo ordine  $A \xrightarrow{k_1} R$  viene condotta in un CSTR isoterma ideale, ottenendo una conversione  $X_{A1}$ . Il CSTR ha un tempo di riempimento  $\tau$ .

1. Determinare il numero di Damköhler,  $k_1\tau$ , per il sistema in esame;
2. Calcolare la conversione,  $X_{A2}$ , che si otterrebbe aggiungendo in serie altri due CSTR isotermi ideali, di volumi uguali al primo;
3. Calcolare il tempo di riempimento del PFR isoterma ideale utile a realizzare la conversione  $X_{A2}$ .

**Dati.**  $X_{A1} = 5/6$ ,  $\tau = 5$  hr.

Dalla figura 5 di pagina 139, per  $X_{A1} := \frac{5}{6}$   $1 - X_{A1} = 0.167$  si legge  $k_1 \cdot \tau = 5$

ovvero  $k\tau_N(X_A, N) := N \cdot \left[ \left( \frac{1}{1 - X_A} \right)^{\frac{1}{N}} - 1 \right]$   $k_0 := k\tau_N(X_{A1}, 1) = 5$

Sempre dalla figura 5 di pagina 139, seguendo la curva tratteggiata si ha

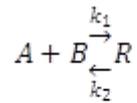
$X_{A2} := 0.9$  Given  $3 \cdot k_0 = k\tau_N(X_{A2}, 3)$   $X_{A2} := \text{Minerr}(X_{A2}) = 0.995$   $1 - X_{A2} = 4.63 \times 10^{-3}$

Sempre dalla figura 5 di pagina 139, con la stessa ascissa (1-X.A2)

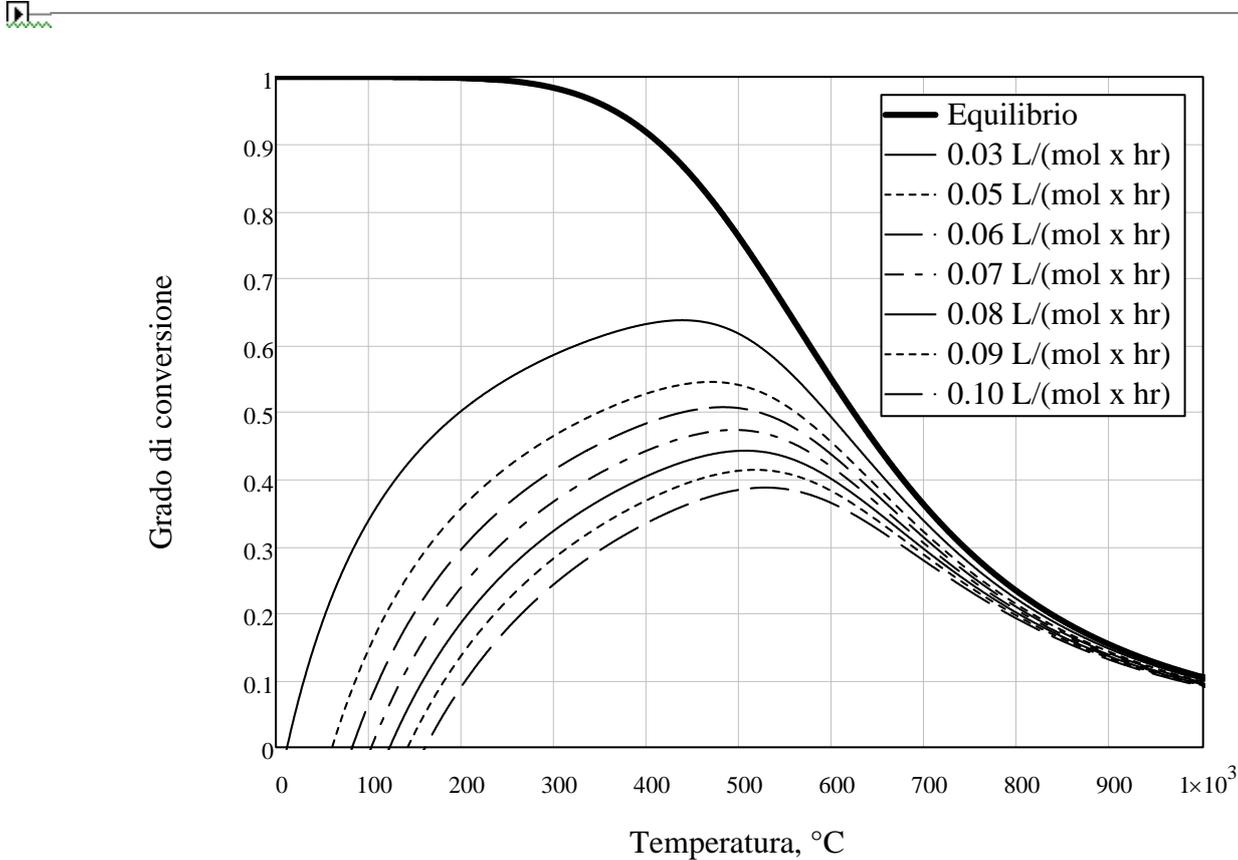
$k\tau_p(X_A) := \ln\left(\frac{1}{1 - X_A}\right)$   $R := \frac{k\tau_N(X_{A2}, 3)}{k\tau_p(X_{A2})} = 2.791$

essendo  $\tau_N := 5 \cdot \text{hr} \cdot 3$  si ha  $\tau_{\text{PFR}} := \frac{\tau_N}{R} = 5.375 \cdot \text{hr}$

**Problema 2.** Per la reazione chimica reversibile esotermica



Il diagramma  $X_A$  vs.  $T$  è riprodotto in figura, per  $C_{A0} = C_{B0}$ . Il parametro delle curve isocinetiche è  $-r_A/C_{A0}^2$  ed i relativi valori sono riportati nella legenda. La reazione evolve senza provocare variazioni di volume, il calore specifico è uguale per tutti i composti,  $C_P$ , ed è indipendente dalla temperatura.



La miscela reagente è disponibile alla temperatura iniziale  $T_0$ , e si vuole realizzare una conversione pari a  $X_{Af}$  utilizzando uno o più reattori ideali adiabatici.

1. Disegnare la curva  $1/-r_A$  vs.  $X_A$  per il processo desiderato,
2. Determinare la disposizione di reattori ideali che minimizza il volume totale necessario ad ottenere la conversione desiderata;
3. Dimensionare i reattori selezionati al precedente punto 2 e confrontare il volume con il volume necessario per condurre la reazione in un singolo CSTR e in un singolo PFR adiabatici.

**Dati.**  $C_{A0} = 3.4 \text{ mol/L}$ ,  $X_{Af} = 0.58$ ,  $C_P = 170 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ ,  $T_0 = 120^\circ\text{C}$ ,  $\Delta H = -108 \text{ kJ/mol}$ .

$$C_{A0} := 3.4 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad X_{Af} := 0.58 \quad C_P := 170 \cdot \frac{\text{J}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \quad T_0 := 120^\circ\text{C} \quad \Delta H := (E_1 - E_2) = -1.081 \times 10^5 \cdot \frac{\text{J}}{\text{mol}}$$

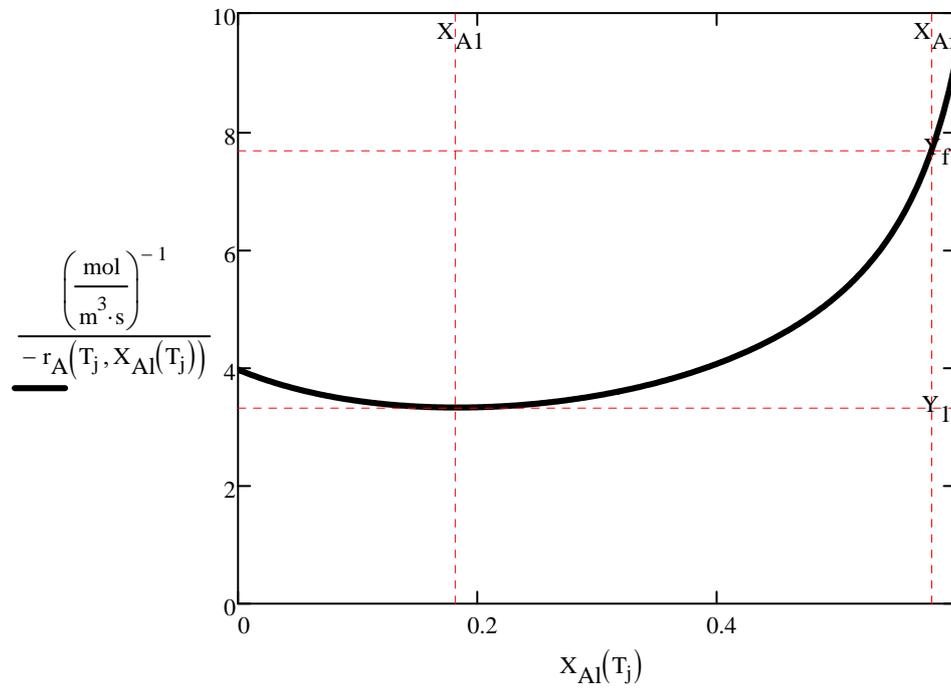
$$r_A(T, X_A) := -C_{A0}^2 \cdot [k_1(T) \cdot (1 - X_A)^2 - k_2(T) \cdot X_A^2] \quad X_{A1}(T) := \frac{C_P \cdot (T - T_0)}{-\Delta H} \quad T_{ad(x)} := \frac{-\Delta H \cdot x}{C_P} + T_0$$

$$j := 0..450 \quad T_j := 373 \cdot K + j \cdot K$$

$$X_{A1} := 0$$

$$Y_j := \frac{1}{-r_A(T_j, X_{A1}(T_j))} \quad X_j := X_{A1}(T_j) \quad Y_f(x) := \text{linterp}(X, Y, x) \quad Yd1(x) := \frac{d}{dx} Y_f(x) \quad Y_f := Y_f(X_{Af}) \cdot \frac{\text{mol}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}}$$

$$Yd2_j := Yd1(X_j) \quad Yd(x) := \text{linterp}(X, Yd2, x) \quad X_{A1} := \text{root}(Yd(X_{A1}), X_{A1}) \quad X_{A1} = 0.183 \quad Y_1 := Y_f(X_{A1}) \cdot \frac{\text{mol}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}}$$



$$T_1 := T_{ad}(X_{A1}) = 236.429 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$T_f := T_{ad}(X_{Af}) = 488.75 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\tau_{\text{CSTR.tot}} := \frac{C_{A0} \cdot X_{Af}}{-r_A(T_f, X_{Af})} = 4.219 \cdot \text{hr}$$

$$\tau_{\text{PFR.tot}} := C_{A0} \int_0^{X_{Af}} \frac{1}{-r_A(T_{ad}(X_A), X_A)} dX_A = 2.236 \cdot \text{hr}$$

$$\tau_{\text{CSTR}} := \frac{C_{A0} \cdot X_{A1}}{-r_A(T_1, X_{A1})} = 0.574 \cdot \text{hr}$$

$$\tau_{\text{PFR}} := C_{A0} \int_{X_{A1}}^{X_{Af}} \frac{1}{-r_A(T_{ad}(X_A), X_A)} dX_A = 1.628 \cdot \text{hr}$$

$$\tau_{\text{CSTR}} + \tau_{\text{PFR}} = 2.202 \cdot \text{hr}$$