

# Dinamica e Controllo dei Processi Chimici

Prof. Davide Manca  
Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "G. Natta"  
Politecnico di Milano  
Anno accademico 2009/2010

## Esercitazione #1

### Esercizio 1

Un processo biologico condotto in un reattore batch è caratterizzato dalla crescita della biomassa (B) a scapito del substrato (S). I bilanci materiali per le due specie sono:

$$\begin{cases} \frac{dB}{dt} = \frac{k_1 BS}{k_2 + S} \\ \frac{dS}{dt} = -k_3 \frac{k_1 BS}{k_2 + S} \end{cases}$$

Determinare l'evoluzione di substrato e biomassa sull'intervallo temporale di 15 ore, sapendo che:

$$k_1 = 0.5 \text{ h}^{-1}$$

$$k_2 = 10^{-7} \text{ kmol/m}^3$$

$$k_3 = 0.6$$

Le condizioni iniziali sono:

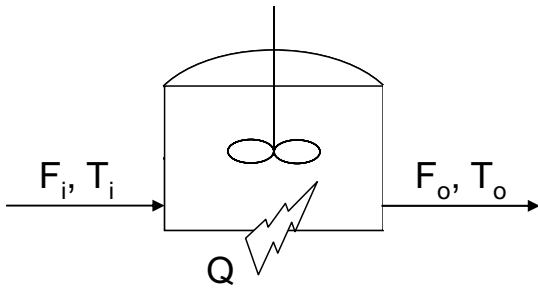
$$\begin{cases} B(0) = 0.03 \text{ kmol/m}^3 \\ S(0) = 4.5 \text{ kmol/m}^3 \end{cases}$$

Determinare l'evoluzione di substrato e biomassa risolvendo il sistema differenziale con Matlab. Modificare poi i parametri per il controllo dell'errore d'integrazione considerando una tolleranza relativa di  $10^{-8}$  ed una assoluta di  $10^{-12}$  (rispetto ai valori di default adottati da Matlab). Confrontare le due dinamiche.

### Esercizio 2

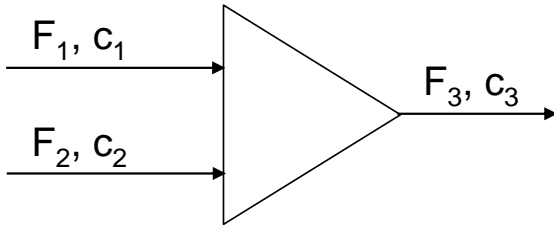
Si consideri un serbatoio di accumulo intermedio perfettamente miscelato (CST) e riscaldato. Valutare la dinamica della temperatura in uscita qualora si abbia un disturbo a gradino di  $30^\circ\text{C}$  sulla temperatura di ingresso, noti i seguenti dati:

- potenza termica fornita al sistema:  $Q = 1 \text{ MW}$
- portata entrante:  $F_i = 8 \text{ kmol/s}$
- massa contenuta nel CST:  $m = 100 \text{ kmol}$
- calore specifico:  $cp = 2.5 \text{ kJ/kmol K}$
- temperatura corrente in ingresso:  $T_i = 300 \text{ K}$



### Esercizio 3

Si consideri la miscelazione di due correnti a differente concentrazione dello stesso composto.



Dati:

- Corrente 1:  $F_1 = 2 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $c_1 = 0.5 \text{ kmol}/\text{m}^3$
- Corrente 2:  $F_2 = 10 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $c_2 = 6 \text{ kmol}/\text{m}^3$

Determinare la dinamica della concentrazione in uscita da un miscelatore, qualora la portata  $F_1$  vari linearmente nel tempo secondo la legge:  $F_1 = 0.04 \times t$ , fino al massimo di  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### Esercizio 4

In un serbatoio di stoccaggio avviene una reazione indesiderata. La variazione di conversione ( $z$ ) e temperatura ( $\theta$ ) possono essere descritte mediante le seguenti correlazioni:

$$\begin{cases} \frac{dz}{d\tau} = \frac{\psi}{B} (1-z)^n h(\theta) \\ \frac{d\theta}{d\tau} = \psi (1-z)^n h(\theta) - \theta \end{cases}$$

In tali relazioni,  $B$  rappresenta il calore di reazione;  $n$  l'ordine di reazione;  $\psi$  il rapporto tra il calore di reazione e il calore asportato per scambio termico;  $\varepsilon$  rappresenta l'energia di attivazione della reazione;  $h$  il termine esponenziale della cinetica di reazione:

$$h(\theta) = \exp\left[\frac{\theta}{1 + \varepsilon\theta}\right]$$

Tutte le variabili sono opportunamente adimensionalizzate.

Si valuti la dinamica di temperatura al variare del parametro  $\psi$  tra 0.35 e 0.65, con i seguenti valori dei parametri:

- $n = 1$
- $B = 20$
- $\varepsilon = 0.05$

E le seguenti condizioni iniziali:

- $z(0) = 0$
- $\theta(0) = 1$