

Esercitazione di Meccanica dei fluidi con Fondamenti di Ingegneria Chimica

Esercitazione 5 (FIC) - 14 Gennaio 2016 - Integrazione

Reattori ideali isotermi (I)

Reattore Batch a volume costante (densità costante)

1) Reazione irreversibile del primo ordine

La reazione $A \rightarrow B$ irreversibile del primo ordine ha una costante cinetica pari a 0.01 s^{-1} . Se la concentrazione iniziale di A è pari a 2 mol/l , qual è il tempo richiesto per ottenere una conversione pari al 90% in un reattore batch a volume costante? Se invece si volesse arrivare a una conversione del 99.9%, quanto diventerebbe il tempo richiesto?

2) Reazione irreversibile del secondo ordine

La reazione $A \rightarrow B$ avviene secondo una cinetica del secondo ordine, con una costante pari a 0.01 l/mol/s . La concentrazione iniziale di A è pari a 2 mol/l . Qual è il tempo richiesto per ottenere una conversione del 90%? Quale per una conversione del 99.9%?

3) Reazione irreversibile di ordine n

Si determini l'espressione della concentrazione di A in funzione del tempo per una reazione irreversibile di ordine n (diverso da 1) in un reattore batch a volume costante:



Si commentino opportunamente i risultati ottenuti, prestando particolare attenzione al caso in cui $n < 1$.

4) Reazione bimolecolare

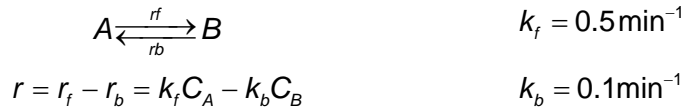
Si determini la conversione della specie A in funzione del tempo per una reazione bimolecolare in un reattore batch a volume costante:



Si assumano uguali le concentrazioni delle specie A e B nell'istante iniziale e nulla la concentrazione della specie C .

5) Reazione reversibile

Si consideri la seguente reazione reversibile in un reattore batch a volume costante:

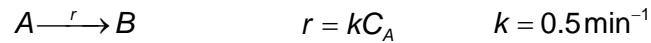


Si determini il tempo necessario per ottenere una conversione della specie A pari al 50%, sapendo che all'istante iniziale la concentrazione della specie A è pari a 1 mol/l e quella della specie B è nulla.

Reattore Plug Flow a densità costante

6) Reazione irreversibile del primo ordine

La seguente reazione irreversibile del primo ordine avviene in un reattore PF a densità costante con una conversione del 90%:

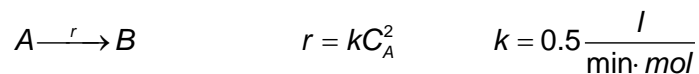


Quali sono il tempo di residenza, il volume e la lunghezza del reattore in grado di assicurare tale conversione, sapendo che il diametro interno è pari a 2 cm? Con quale velocità il fluido percorre il reattore?

Si assuma in ingresso una portata molare di A puro pari a 4 l/min con una concentrazione di A pari a 2 mol/l.

7) Reazione irreversibile del secondo ordine

Si ripeta l'esercizio 8, supponendo che la cinetica della reazione sia del secondo ordine:



Si mantengano invariate tutte le altre condizioni.

Reattore CSTR a densità costante

8) Reazione irreversibile del primo ordine

La reazione $A \rightarrow B$ ha una costante cinetica pari a 0.01 s^{-1} . Se la concentrazione in ingresso di A è pari a 2 mol/l, qual è il tempo di residenza richiesto per ottenere una conversione pari al 90% in un reattore CSTR a densità costante? Se invece si volesse arrivare a una conversione del 99.9%?

9) Reazione irreversibile del secondo ordine

La reazione $A \rightarrow B$ avviene secondo una cinetica del secondo ordine, con una costante pari a 0.01 l/mol/s . La concentrazione iniziale di A è pari a 2 mol/l . Qual è il volume richiesto per ottenere una conversione del 90%? Quale per una conversione del 99.9%?

10) Reazione irreversibile di ordine n

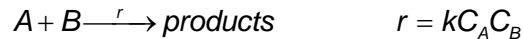
Si determini l'espressione della concentrazione di A in funzione del tempo di residenza per una reazione irreversibile di ordine n in un reattore CSTR a densità costante:



Si commentino opportunamente i risultati ottenuti.

11) Reazione bimolecolare

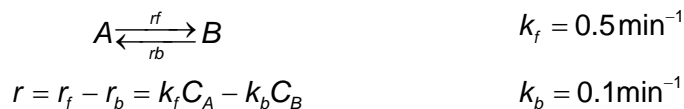
Si determini la conversione della specie A in funzione del tempo di residenza per una reazione bimolecolare in un reattore CSTR a densità costante:



Si assumano uguali le concentrazioni delle specie A e B in ingresso e nulla la concentrazione della specie C .

12) Reazione reversibile

Si consideri la seguente reazione reversibile in un reattore CSTR a densità costante:



Si determini il tempo necessario per ottenere una conversione della specie A pari al 50%, sapendo che in ingresso la concentrazione della specie A è pari a 1 mol/l e quella della specie B è nulla.

Reattori in serie

13) Reattori CSTR in serie

La reazione irreversibile del primo ordine $A \rightarrow B$ viene condotta in n reattori CSTR in serie aventi lo stesso tempo di residenza. Si vuole garantire una conversione globale del 90% per la specie A . Sapendo

che $k=0.5 \text{ min}^{-1}$, $C_{A,0}=2 \text{ mol/l}$ e $Q=4 \text{ l/min}$, si determini il volume e il tempo di residenza per ciascun CSTR nei casi $n=1, 2, 3, 4$.

14) Calcolo del volume di un reattore

Si vuol condurre la reazione irreversibile $A \rightarrow B$ all'interno di un reattore ideale alimentato con una portata volumetrica del reagente A pari a 4 l/min e concentrazione pari a 2 mol/l (la specie B è assente). La velocità di reazione è data dalla seguente espressione:

$$r = kC_A \quad k = 0.5 \text{ min}^{-1}$$

Si determini il volume di reattore necessario per ottenere una conversione pari al 95% del reagente A immaginando di condurre la reazione secondo le seguenti modalità:

- reattore CSTR;
- reattore PFR;
- due reattori CSTR in serie, di pari volume;
- un reattore CSTR seguito da un reattore PFR, aventi lo stesso volume.

15) Reattori CSTR e PFR in serie

Si vuol condurre la reazione irreversibile in fase liquida $A+B \rightarrow C$ all'interno di due reattori CSTR in serie, caratterizzati dallo stesso volume, pari a 2 l . La velocità di reazione è data dalla seguente espressione:

$$r = kC_B \quad k = 0.30 \text{ min}^{-1}$$

- Sapendo che l'alimentazione è costituita da 10 mol/min del reagente A e 1 mol/min del reagente B , con concentrazioni rispettivamente pari a 2 mol/l e 0.2 mol/l , si determini la composizione della miscela uscente dal secondo reattore e la conversione della specie B a cavallo dei due reattori.
- Come si modificherebbe la conversione del reagente B se i due reattori CSTR venissero sostituiti con due PFR aventi il medesimo volume, mantenendo inalterate tutte le altre condizioni?

16) Rete di reattori (fase liquida)

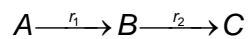
Il reagente A (la cui portata volumetrica sia Q_A) è alimentato in un PFR per un tempo di contatto pari a τ_{PFR} . All'interno dell'apparecchiatura avviene la seguente reazione irreversibile del primo ordine $A \rightarrow B$ ($r = k_1 \cdot C_A$). Successivamente la portata uscente dal PFR viene fatta entrare in un reattore a miscelazione perfetta avente un volume pari a V_{CSTR} , all'interno del quale contemporaneamente viene fatta entrare una portata volumetrica Q_C della specie C pura in grado di dar luogo alla seguente reazione del secondo ordine irreversibile: $B+C \rightarrow 2D$ ($r = k_2 \cdot C_B C_C$).

Si determini la concentrazione delle specie A, B, C e D all'uscita del secondo reattore e la conversione globale del reagente A.

Reazioni in serie e in parallelo

17) Reazioni in serie in un reattore batch (plug flow)

Si vuole produrre la specie B attraverso una reazione irreversibile del primo ordine $A \rightarrow B$ in fase liquida in un reattore batch (plug flow). Contemporaneamente a questa reazione principale tuttavia avviene una seconda reazione indesiderata (anch'essa del primo ordine irreversibile) $B \rightarrow C$, che porta all'ottenimento della specie C a spese del prodotto B. Si determini il tempo necessario per ottenere il 90% di conversione della specie A e le corrispondenti concentrazioni di B e C. Quanto vale la selettività e la resa rispetto a B in tali condizioni? Si assuma una concentrazione di A in ingresso pari a 2 mol/l.



$$r_1 = k_1 C_A$$

$$r_2 = k_2 C_B$$

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

$$k_2 = 0.1 \text{ min}^{-1}$$

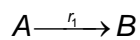
Quale sarebbe invece il tempo necessario per massimizzare la resa della specie B?

18) Reazioni in serie in un reattore a miscelazione perfetta

Si ripeta l'esercizio precedente per un reattore a miscelazione perfetta, assumendo che la portata in ingresso del reagente sia pari a 4 l/min. [Ovviamente non è necessario determinare più il tempo di permanenza, ma il volume del reattore].

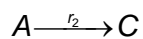
19) Reazioni in parallelo in un reattore batch (plug flow)

Si vuole produrre la specie B attraverso una reazione irreversibile del primo ordine $A \rightarrow B$ in fase liquida in un reattore batch (plug flow). Contemporaneamente a questa reazione principale tuttavia avviene una seconda reazione indesiderata (anch'essa del primo ordine irreversibile) $A \rightarrow C$, che porta al consumo del reagente A e alla sua trasformazione nel prodotto C. Si determini il tempo necessario per ottenere il 90% di conversione della specie A e le corrispondenti concentrazioni di B e C. Quanto vale la selettività e la resa rispetto a B in tali condizioni? Si assuma una concentrazione di A in ingresso pari a 2 mol/l.



$$r_1 = k_1 C_A$$

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



$$r_2 = k_2 C_A$$

$$k_2 = 0.1 \text{ min}^{-1}$$

Quale sarebbe invece il tempo necessario per massimizzare la resa della specie B ? Quale il tempo necessario per massimizzare la selettività della specie B ?

Si confrontino i risultati con quelli ottenuti nell'esercizio 1, per reazioni in serie.

20) Reazioni in parallelo in un reattore a miscelazione perfetta

Si ripeta l'esercizio precedente per un reattore a miscelazione perfetta, assumendo che la portata in ingresso del reagente sia pari a 4 l/min . Si confrontino i risultati con quelli ottenuti nell'esercizio 2 per reazioni in serie. [Ovviamente non è necessario determinare più il tempo di permanenza, ma il volume del reattore].