**Nazwa przedmiotu:**

Projektowanie Reaktorów Chemicznych

**Koordynator przedmiotu:**

prof. nzw. dr hab. inż. Wioletta Podgórska

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

IC.MIP101

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2018/2019

**Liczba punktów ECTS:**

6

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu studiów 90
2. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji 4
3. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach zaliczeń i egzaminów 8
4. Przygotowanie do zajęć (studiowanie literatury, odrabianie prac domowych itp.) 10
5. Zbieranie informacji, opracowanie wyników 20
6. Przygotowanie sprawozdania, prezentacji, raportu, dyskusji 20
7. Nauka samodzielna – przygotowanie do zaliczenia/kolokwium/egzaminu 25
Sumaryczne obciążenie studenta pracą 177 godz.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

3,4 ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

2,6 ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 60h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

brak

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

1 Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zaawansowanymi metodami opisu procesów zachodzących w reaktorach chemicznych.
2 Przygotowanie studentów do formułowania modeli matematycznych i ich rozwiązywania.

**Treści kształcenia:**

Wykład
1. Mieszanie w czasie i przestrzeni w reaktorach chemicznych. Definicja punktu fenomenologicznego. Problem makro- i mikromieszania. Opis mieszania w ujęciu Eulera i Lagrange’a. Skale segregacji. Stopień segregacji.
2. Płyny lepkie. Makro- i mikromieszanie cieczy lepkich. Deformacja elementów płynu i dyspersja zanieczyszczeń. Moment stężenia. Model lamellarny. Określanie grubości prążków i powierzchni kontaktu. Efektywność mieszania. Dyfuzja przyśpieszana deformacją.
3. Problem chaosu deterministycznego i przepływy chaotyczne. Układy dynamiczne dyssypatywne i zachowawcze. Model Lorenza. Definicja dziwnego atraktora. Wymiar fraktalny. Bifurkacja Hopfa. Punkty stałe i periodyczne. Lokalna stabilność odwzorowań dwuwymiarowych. Globalna dynamika odwzorowań 2-D.
4. Modelowanie mieszania burzliwego w układach z przepływem burzliwym. Definicja i cechy burzliwości. Hipoteza Reynoldsa. Koncepcja lepkości burzliwej. Metody zamknięcia (modele jednorównaniowe; dwurównaniowe: k-f oraz k-ε).
5. Modelowanie mieszania burzliwego z reakcją chemiczną. Koncepcja dyfuzyjności burzliwej. Równania bilansowe reagentów. Metody zamknięcia: 1. Metody momentów (hipoteza niezmienniczości Toora); 2. Metody funkcji gęstości
(obcięty rozkład normalny z intermitencją, model interdyfuzji Pattersona, model najbardziej typowych wirów, model “zęby piły” z intermitencją strumieni zasilających, funkcja beta).
6. Zastosowanie bilansu populacji do opisu rozproszonych układów wielofazowych. Powiązanie bilansu populacji z metodami CFD, metody zamknięcia.
7. Dyspersja w układach zamkniętych i otwartych. Funkcja odpowiedzi i rozkład czasu przebywania. Model dyspersji osiowej. Warunki brzegowe Danckwertsa. Metoda impulsów wlotowych.
8. Mikromieszanie w ujęciu Lagrange’a. Makro-, mezo- i mikromieszanie. Reaktory zasilane strumieniami reagentów doskonale wymieszanych na skalę molekularną i reaktory zasilane reagentami segregowanymi. Wiek płynu w punkcie i oczekiwany czas życia. Definicja stopnia segregacji w oparciu o wiek płynu w punkcie. Modele ekstremalnych stanów wymieszania. Modele wielootoczeniowe.
9. Mikromieszanie w świetle teorii burzliwości. Korelacja przestrzenna fluktuacji stężenia. Mikroskala fluktuacji stężenia. Całkowa skala fluktuacji stężenia. Trójwymiarowa funkcja gęstości widmowej. Pełny model mikromieszania. Wpływ wirowości na mikromieszanie.
10. Reakcje płyn-ciało stałe. Katalizatory stałe. Określenie powierzchni właściwej. Określenie porowatości. Przedstawienie metody badania rozkładu wielkości porów.
11. Transport masy w kapilarach. Dyfuzja knudsenowska. Przepływ laminarny. Dyfuzja molekularna. Dyfuzja powierzchniowa. Dyfuzja aktywowana. Transport masy w obszarze przejściowym. Modele transportu masy w ciałach porowatych: model porów rozłożonych – układ równoległy, model porów rozłożonych – układ szeregowy.
12. Struktura agregatów. Agregaty jako obiekty fraktalne. Masowy wymiar fraktalny. Modele agregacji: model dyfuzyjny, model balistyczny, model agregacji ograniczonej przez reakcję. Teoria DLVO.
13. Reakcje w porach. Reakcje izotermiczne i nieizotermiczne. Efektywność katalizatora. Adsorpcja. Teoria Langmuira Hinshelwooda. Dezaktywacja katalizatora.
14. Projektowanie reaktorów kontaktowych. Modele pseudohomogeniczne (model jednowymiarowy – bez mieszania, izotermiczny; model jednowymiarowy bez mieszania – przypadek nieizotermiczny; model jednowymiarowy bez mieszania, uwzględniający spadek ciśnienia; model dwuwymiarowy bez mieszania). Modele heterogeniczne (model jednowymiarowy z gradientem międzyfazowym; model jednowymiarowy z gradientem międzyfazowym i międzycząstkowym; model dwuwymiarowy).

Zajęcia projektowe
1. Określenie stopnia przemiany reagenta w układzie jednofazowym w oparciu o metody zamknięcia: momentów Toora i funkcji gęstości.
2. Modelowanie ewolucji układu wielofazowego z fazą rozproszoną.
3. Modelowanie reaktora rurowego z nieruchomym złożem katalizatora.

**Metody oceny:**

Egzamin składa się z obowiązkowej części pisemnej (warunkiem przystąpienia do egzaminu pisemnego jest zaliczenie projektów). Dodatkowo można przystąpić do egzaminu ustnego w celu podwyższenia oceny.
Studenci wykonują trzy projekty. Obrona projektu polega na rozwiązaniu problemu związanego tematycznie z projektem oraz odpowiedzi na pytania dotyczące sposobu wykonania projektu i pytania sprawdzające znajomość teorii.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Bałdyga, J., Bourne, J.R., Turbulent Mixing and Chemical Reactions”, Wiley & Sons, New York, 1999
2. Tabiś, B., “Zasady inżynierii reaktorów chemicznych”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2000
3. Burghardt, A., Bartelmus, G., „Inżynieria reaktorów chemicznych. Tom 2. Reaktory dla układów heterogenicznych”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001
4. Elsner, J.W., „Turbulencja Przepływów”, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1987
5. Ott, E., „Chaos w układach dynamicznych”, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa, 1997
6. Szarawara J., Skrzypek J., Podstawy inżynierii reaktorów chemicznych, WNT, Warszawa, 1980.
7. Marchisio D.L., Fox R.O., Computational Models for Polydisperse Particulate and Multiphase Systems, Cambridge University Press, Cambridge 2013

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt W1:**

Ma wiedzę niezbędną do sporządzania bilansów masy, składnika i energii z uwzględnieniem
zjawisk przenoszenia pędu, masy i energii (ma wiedzę niezbędną do bilansowania i modelowania
reaktorów chemicznych).

Weryfikacja:

Zaliczanie projektów, egzamin pisemny i ustny

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W07

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W03, T2A\_W04, T2A\_W07

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt U1:**

Potrafi posługiwać się podstawowymi programami komputerowymi komercyjnymi oraz potrafi
przygotować własne proste programy, wspomagające realizację zadań typowych dla inżynierii
chemicznej i procesowej.

Weryfikacja:

Zaliczanie projektów, egzamin pisemny i ustny

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U04

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U07

**Efekt U2:**

Potrafi modelować przebieg procesów chemicznych w reaktorach (potrafi ocenić wpływ makro-,
mezo- i mikromieszania na przebieg reakcji chemicznych, formułować hipotezy zamknięcia,
wykorzystać bilans populacji w celu określenia zmian własności rozproszonych układów
wielofazowych oraz bilansować reaktory heterogeniczne typu płyn-ciało stałe, tj. reaktory
kontaktowe).

Weryfikacja:

Zaliczanie projektów, egzamin pisemny i ustny

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U07

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U09

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt KS1:**

Potrafi myśleć i działać samodzielnie

Weryfikacja:

Zaliczanie projektów, egzamin pisemny i ustny

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_K06