**Nazwa przedmiotu:**

Projektowanie reaktorów chemicznych

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Jan Krzysztoforski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1070-ICIPP-MSP-101

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2019/2020

**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, egzaminów, sprawdzianów etc. 12
3. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych etc. 50
4. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia etc. 25
Sumaryczny nakład pracy studenta 177

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

-

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

-

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

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

**Wymagania wstępne:**

brak

**Limit liczby studentów:**

-

**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).

Ćwiczenia 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:**

1. egzamin pisemny
2. praca domowa
3. dyskusja
4. seminarium

**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:**

-

**Uwagi:**

Wykład:
Przedmiot jest realizowany w formie wykładu (15 wykładów po 2 godziny).
Obecność na wykładzie nie jest obowiązkowa.
Weryfikacja osiągnięć efektów uczenia się jest dokonywana na podstawie wyniku egzaminu pisemnego, którego terminy wyznaczane są w sesjach egzaminacyjnych: letniej i jesiennej. W letniej sesji egzaminacyjnej wyznaczane są dwa terminy, w sesji jesiennej – 1 termin.
Warunkiem przystąpienia do egzaminu jest zaliczenie projektów.
Egzamin pisemny trwa 1 h 45 min. Do rozwiązania są trzy problemy – każdy oceniany w skali od 0 do 15 punktów, co pozwala uzyskać maksymalnie 45 punktów. Aby zdać egzamin należy uzyskać co najmniej 23 punkty. Stosowana skala ocen z egzaminu pisemnego:
<23,0 – 27,5) 3,0
<27,5 – 32,0) 3,5
<32,0 – 36,5) 4,0
<36,5 – 41,0) 4,5
<41,0 – 45,0> 5,0
Podczas egzaminu pisemnego można korzystać jedynie z klasycznego kalkulatora.

Ćwiczenia projektowe:
Studenci wykonują trzy projekty.
Każdy projekt wydawany jest na tzw. wykładzie wprowadzającym do projektu.
Na wykonanie projektu student ma dwa tygodnie.
Za każdy projekt student może uzyskać maksymalnie 10 punktów: 3 punkty z wykonania projektu (przy czym za każdy nieusprawiedliwiony dzień opóźnienia w oddaniu projektu odejmowany jest 1 punkt – łącznie odejmowane jest jednak nie więcej niż 3 punkty) i 7 punktów z obrony projektu.
Obrona projektu polega na rozwiązaniu problemu związanego tematycznie z projektem oraz odpowiedzi na pytania dotyczące sposobu wykonania projektu i pytania sprawdzające znajomość teorii.
W trakcie obrony można korzystać z klasycznego kalkulatora.
W przypadku nieprzystąpienia do obrony projektu w wyznaczonym terminie (z powodu choroby lub wypadku losowego) można będzie się umówić na nowy termin obrony po okazaniu zwolnienia lekarskiego lub zaświadczenia o powodzie nieobecności.
Skala ocen z projektów:
<16 – 19) 3,0
<19 – 22) 3,5
<22 – 25) 4,0
<25 - 28) 4,5
<28 – 30> 5,0

Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnych ocen z egzaminu i z projektów.
Ocena zintegrowana obliczana jest na podstawie punków uzyskanych z projektów (maksymalnie 30 punktów) i z egzaminu pisemnego (maksymalnie 45 punktów).
Maksymalnie można uzyskać 75 punktów, a minimalna liczba punktów zaliczająca cały przedmiot (przy spełnieniu warunku zaliczenia obu części) to 39 punktów.
Stosowana skala ocen:
<39,0 – 46,5) 3,0
<46,5 – 54,0) 3,5
<54,0 – 61,5) 4,0
<61,5 – 69,0) 4,5
<69,0 – 75,0> 5,0
W przypadku nieuzyskania zaliczenia przedmiotu konieczne jest jego powtórzenie w kolejnym cyklu realizacji zajęć, przy czym jeśli zostały zaliczone projekty, to powtórzeniu podlega jedynie część wykładowa (egzamin pisemny).

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Ma wiedzę niezbędną do bilansowania i modelowania reaktorów chemicznych.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, praca domowa, dyskusja,seminarium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

Potrafi posługiwać się programami komputerowymi wspomagającymi realizacją zadań inżynierskich.

Weryfikacja:

praca domowa, dyskusja, seminarium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U2:**

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:

egzamin pisemny, praca domowa, dyskusja. seminarium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KS1:**

Prawidłowo identyfikuje i rozstrzyga dylematy związane z wykonywaniem zawodu inżyniera.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, praca domowa, dyskusja, seminarium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_K, I.P6S\_KR