**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. 2022/2023

**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 wymagań wstępnych.
Studenci mogą rejestrować dźwięk podczas zajęć bez prawa rozpowszechniania nagrań.
Przedmiot jest realizowany w formie wykładu (30 h) i projektów (60 h).
Ocena z przedmiotu jest oceną zintegrowaną.

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

1. Zapoznanie studentów z zaawansowanymi metodami opisu procesów zachodzących w reaktorach chemicznych.
2. Przygotowanie studentów do formułowania modeli matematycznych i ich rozwiązywania.
3. Zdobycie przez studentów umiejętności kompleksowego projektowania reaktorów chemicznych.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
1. Wprowadzenie do projektowania reaktorów chemicznych. Omówienie cech dobrego reaktora chemicznego oraz parametrów opisujących jakość jego pracy. Znaczenie interdyscyplinarności w projektowaniu reaktorów chemicznych. Wyzwania w projektowaniu reaktorów chemicznych.
2. Reakcje płyn-ciało stałe. Katalizatory stałe. Kinetyka reakcji katalitycznych. Efektywność katalizatora. Projektowanie reaktorów kontaktowych. Modele pseudohomogeniczne i heterogeniczne dla reaktorów kontaktowych.
3. Zastosowanie bilansu populacji do opisu rozproszonych układów wielofazowych. Powiązanie bilansu populacji z metodami CFD, metody zamknięcia.
4. Mieszanie w czasie i przestrzeni w reaktorach chemicznych. Stopień segregacji. Definicja i cechy burzliwości. Hipoteza Reynoldsa. Koncepcja lepkości burzliwej. Metody zamknięcia (modele jednorównaniowe; dwurównaniowe: k- oraz k-ε). Modelowanie mieszania burzliwego z reakcją chemiczną. Koncepcja dyfuzyjności burzliwej. Równania bilansowe reagentów. Metody zamknięcia.
5. Bioreaktory. Zasady bilansowania bioreaktorów. Modele kinetyki wzrostu mikroorganizmów. Modele kinetyki reakcji enzymatycznych. Zasady bilansowania i projektowania bioreaktorów.
6. Przedstawienie zasad projektowania reaktorów chemicznych (procedura projektowania reaktorów chemicznych, bilanse pędu, masy i energii, omówienie różnych rodzajów reaktorów chemicznych, dobór typu reaktora i jego komponentów, powiększanie skali, analiza ekonomiczna, bezpieczeństwo, aparatura kontrolno-pomiarowa oraz układy regulacji automatycznej)

Zajęcia projektowe:
1. Modelowanie reaktora rurowego z nieruchomym złożem katalizatora
2. Modelowanie bioreaktora
3. Modelowanie układu regulacji automatycznej dla reaktora chemicznego
4. Wykonanie projektu reaktora chemicznego

**Metody oceny:**

1. egzamin pisemny
2. praca domowa
3. wykonanie projektu
4. dyskusja

**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. Levenspiel O., Chemical Reaction Engineering, 3rd ed., J. Wiley, 1998.
5. Szarawara J., Skrzypek J., Podstawy inżynierii reaktorów chemicznych, WNT, Warszawa, 1980.
6. Towler G., Sinnot, R., Chemical Engineering Design. Principles. Practice and Economics of Pland and Process Design, Elsevier, 2013.
7. Turton R., Bialie R.C., Whiting W.B., Shaeiwitz, Bhattacharyya D., Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes, Pearson, 2012.

**Witryna www przedmiotu:**

brak

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

Weryfikacja:

egzamin pisemny, praca domowa,wykonanie projektu, dyskusja

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

Weryfikacja:

praca domowa, dyskusja, wykonanie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U04

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

**Charakterystyka U2:**

Potrafi modelować przebieg procesów chemicznych w reaktorach oraz potrafi projektować reaktory chemiczne z uwzględnieniem różnych aspektów technicznych i ekonomicznych.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, praca domowa, dyskusja. wykonanie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U07

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

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KS1:**

Potrafi myśleć i działać samodzielnie.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, praca domowa, dyskusja, wykonanie projektu

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_K02

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