



## KARTA PRZEDMIOTU

Kod przedmiotu	IC.MIP101	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Projektowanie Reaktorów Chemicznych
			w j. angielskim	Chemical Reactor Design
Jednostka prowadząca przedmiot		Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej		
Osoba odpowiedzialna za moduł/przedmiot		prof. nzw. dr hab. inż. Wioletta Podgórska		
Kierunek studiów	Inżynieria chemiczna i procesowa		Forma studiów	stacjonarne
Profil/poziom kształcenia	ogólnoakademicki II stopień (studia magisterskie)		Nominalny semestr studiów	1
Specjalność	Inżynieria Procesów Przemysłowych			
Forma zajęć/ liczba godzin	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium
	30	-	60	-
Status zajęć/grupa	obowiązkowe/kierunkowe		Liczba punktów ECTS	6
Język zajęć	polski	Poziom przedmiotu	zaawansowany	

### I. Wymagania wstępne i dodatkowe

I.1	Brak wymagań.
-----	---------------

### II. Cele przedmiotu

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

### III. Treści programowe przedmiotu (oddzielnie dla każdej formy zajęć)

Zajęcia prowadzone są z wykorzystaniem elementów kursu dla pracowników PW: **Kompetentny wykładowca - wysoki poziom nauczania, ukończonego w semestrze letnim roku akad. 2016/17**

#### III.1. Wykład

Lp.	Treść	Liczba godz.
1.	<b>Mieszanie w czasie i przestrzeni w reaktorach chemicznych.</b> Definicja punktu fenomenologicznego. Problem makro- i mikromieszania. Opis mieszania w ujęciu Eulera i Lagrange'a. Skale segregacji. Stopień segregacji.	2
2.	<b>Płyny lepkie. Makro- i mikromieszanie cieczy lepkich.</b> Deformacja elementów płynu i dyspersja zanieczyszczeń. Moment stężenia. Model lamellarny. Określanie grubości prążków i powierzchni kontaktu. Efektywność mieszania. Dyfuzja przyspieszana deformacją.	3
3.	<b>Problem chaosu deterministycznego i przepływy chaotyczne.</b> Układy dynamiczne dysypatywne i zachowawcze. Model Lorenza. Definicja dziwnego atraktora. Wymiar fraktalny. Bifurkacja Hopfa. Punkty stałe i periodyczne. Lokalna stabilność odwzorowań dwuwymiarowych. Globalna dynamika odwzorowań 2-D.	3
4.	<b>Modelowanie mieszania burzliwego w układach z przepływem burzliwym.</b> Definicja i cechy burzliwości. Hipoteza Reynoldsa. Koncepcja lepkości burzliwej. Metody zamknięcia (modele jednorównaniowe; dwurównaniowe: k-f oraz k-ε).	2
5.	<b>Modelowanie mieszania burzliwego z reakcją chemiczną.</b> 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).	2
6.	<b>Zastosowanie bilansu populacji do opisu rozproszonych układów wielofazowych.</b> Powiązanie bilansu populacji z metodami CFD, metody zamknięcia.	4
7.	<b>Dyspersja w układach zamkniętych i otwartych.</b> Funkcja odpowiedzi i rozkład czasu przebywania. Model dyspersji osiowej. Warunki brzegowe Danckwertsa. Metoda impulsów wlotowych.	2
8.	<b>Mikromieszanie w ujęciu Lagrange'a.</b> 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.	2
9.	<b>Mikromieszanie w świetle teorii burzliwości.</b> Korelacja przestrzenna fluktuacji stężenia. Mikroskala fluktuacji stężenia. Całkowa skala fluktuacji stężenia. Trójwymiarowa funkcja gęstości widmowej. Pełny model mikromieszania. Wpływ wirowości na mikromieszanie.	1
10.	<b>Reakcje płyn-ciało stałe.</b> Katalizatory stałe. Określenie powierzchni właściwej. Określenie porowatości. Przedstawienie metody badania rozkładu wielkości porów.	1
11.	<b>Transport masy w kapilarach.</b> 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.	2
12.	<b>Struktura agregatów.</b> Agregaty jako obiekty fraktalne. Masowy wymiar fraktalny. Modele agregacji: model dyfuzyjny, model balistyczny, model agregacji ograniczonej przez reakcję. Teoria DLVO.	1
13.	<b>Reakcje w porach.</b> Reakcje izotermiczne i nieizotermiczne. Efektywność katalizatora. Adsorpcja. Teoria Langmuira-Hinshelwooda. Dezaktywacja katalizatora.	2
14.	<b>Projektowanie reaktorów kontaktowych.</b> 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).	3

#### III.2. Zajęcia projektowe

Lp.	Treść	Liczba godz.
1.	Określenie stopnia przemiany reagenta w układzie jednofazowym w oparciu o metody zamknięcia: momentów Toora i funkcji gęstości.	20
2.	Modelowanie ewolucji układu wielofazowego z fazą rozproszoną.	20
3.	Modelowanie reaktora rurowego z nieruchomym złożem katalizatora.	20

IV. Wykaz osiągniętych efektów kształcenia				
Rodzaj efektu*	Odniesienie do efektu:		Opis efektu kształcenia	kod
	dla kierunku	dla obszaru		
W	K_W07	T2A_W03 T2A_W04 T2A_W07	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).	W1
U	K_U04	T2A_U07	Potrafi posługiwać się podstawowymi programami komputerowymi komercyjnymi oraz potrafi przygotować własne proste programy, wspomagające realizację zadań typowych dla inżynierii chemicznej i procesowej.	U1
U	K_U07	T2A_U09	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).	U2
KS	K_K04	T2A_K06	Potrafi myśleć i działać samodzielnie.	KS1

\*) Rodzaje efektów: W- wiedza, U- umiejętności, KS – kompetencje społeczne

V. Metody weryfikacji efektów kształcenia							
Efekt	Forma weryfikacji						
	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Zaliczenie pisemne	Kolokwia	Prace domowe	Referat/ sprawozdanie	Dyskusja/ seminarium
W1		X			X		X
U1					X		X
U2		X			X		X
KS1		X			X		X

VI. Literatura
<p>Podstawowa</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Bałyga J., Bourne J.R., Turbulent Mixing and Chemical Reactions, Wiley &amp; Sons, New York, 1999.</li> <li>Tabiś B., Zasady inżynierii reaktorów chemicznych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2000.</li> <li>Burghardt A., Bartelmus G., Inżynieria reaktorów chemicznych. Tom 2. Reaktory dla układów heterogenicznych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.</li> <li>Elsner J.W., Turbulencja Przepływów, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 1987.</li> <li>Ott, E., Chaos w układach dynamicznych, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa, 1997.</li> <li>Szarawara J., Skrzypek J., Podstawy inżynierii reaktorów chemicznych, WNT, Warszawa, 1980.</li> </ol> <p>Uzupełniająca</p> <p>Marchisio D.L., Fox R.O., Computational Models for Polydisperse Particulate and Multiphase Systems, Cambridge University Press, Cambridge 2013.</p>

<b>VII. Nakład pracy studenta</b>		
Lp.	Treść	Liczba godz.
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
<b>Sumaryczne obciążenie studenta pracą</b>		177 godz.
<b>Łączna liczba punktów ECTS</b>		6
<b>Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć</b>		
<b>a) wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich i studentów</b>		3,4
<b>b) o charakterze praktycznym, w tym zajęć laboratoryjnych, warsztatowych i projektowych</b>		4
<b>Liczba punktów ECTS w ramach zajęć z zakresu nauk podstawowych</b>		0