

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2019/2020

Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej

Kierunek studiów: Inżynieria Chemiczna i Procesowa

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: I

Stopień studiów: II

Specjalności: Engineering of Technological Processes (IPT, IOZE)

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Kinetics of heterogeneous processes
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Kinetics of heterogeneous processes
KOD PRZEDMIOTU	WITCh ICHIP oIIS C6 19/20
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	4.00
SEMESTRY	2

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁADY	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
2	30	0	0	0	15	0

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** To familiarize students with basics of the design of heterogeneous reactors.

**Cel 2** To expand students' knowledge in the scope of mathematical modelling of processes of energy and mass transfer.

**Cel 3** To expand knowledge of numerical methods used in calculations of heterogeneous reactors.

**Cel 4** To expand ability to solve mathematical models with the use of specialized computer programmes.

**Cel 5** To develop skills of comparing different technological solutions and proposing modifications aimed at increasing process efficiency.

#### 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Courses: Mathematics, Numerical methods, Physical chemistry, Chemical engineering, Chemical reactors engineering.

2 Skills: Computer literacy; programming in selected high-level language e.g.: Fortran, basic knowledge of Matlab

#### 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Understanding mechanisms of kinetic processes proceeding in porous catalytic pellets.

**EK2 Umiejętności** Knowledge of methods for determination of concentrations and temperatures distributions in catalytic pellets.

**EK3 Umiejętności** Mastery of methods for modelling of two-dimensional and one-dimensional stationary beds of catalysts in contact reactors. Mastery of autothermal contact reactors modelling.

**EK4 Umiejętności** Ability to determine influence of process conditions and pellet geometry on effectiveness factor of a catalyst.

#### 6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	A characteristics of heterogeneous chemical processes and their technological signification. Occurrence and significance of heterogeneous processes in the industry. An ordination of heterogeneous processes according to the number of phases in a reacting system. Examples and significance of processes with solid catalysts.	2
W2	Kinetic analysis of a process within a single catalyst pellet. Kinetic analysis of contact processes in a single porous catalytic pellet partial process stages. Kinetic models of processes with solid catalysts. The term of the stage controlling the complex process rate.	4
W3	Mathematical modelling of contact process in catalytic pellets of regular shapes. Formation rules of mass and energy balances in porous catalytic pellets. Dimensionless variables. Thiele modulus. Pellet shape coefficient. Generalized models.	4
W4	Types of boundary problems occurring in modelling of chemical process in catalytic pellet. Alternative manners of boundary problems formulation in models of catalytic pellets. Types of boundary problems occurring in modelling of chemical process in a catalytic pellet.	4

WYKŁADY		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W5</b>	Numerical methods of steady state determination of a catalytic pellet. Algorithms of steady state determination of a catalytic pellet. Distributions of state variables in catalytic pellets. Issue of steady-state multiplicity of the pellet.	2
<b>W6</b>	The overall process rate and the effectiveness factor for a contact pellet. Alternative definitions of the general process rate. The effectiveness factor for catalytic and biocatalytic pellets of regular shapes. Contact processes occurring in the range of the external diffusion. Characteristics of contact processes occurring in the range of the external diffusion. Favourable hydrodynamic and kinetic conditions. An influence on selection and geometry of the catalyst.	4
<b>W7</b>	Modelling of stationary layers of solid catalysts. Heterogeneous models of stationary layers of solid catalysts. One-dimensional and two-dimensional models. Pseudo-homogeneity of contact process.	4
<b>W8</b>	Autothermal structures of heterogeneous reactors with stationary bed of catalyst. Internal and external heat exchangers. Algorithms for determination of stationary states and design of autothermal reactors.	6

PROJEKT		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>P1</b>	Project task: In an autothermal catalytic reactor with two-pass heat exchanger an exothermic chemical reaction occurs according to the kinetic equation . At process conditions the flow of gas is plug-type. One has to tabularly determine the longitudinal temperature distributions of substrate $T_s(z)$ , reaction zone $T(z)$ , product $T_p(z)$ and distribution of degree of conversion $A(z)$ corresponding to the steady state for the following data: $C_{af} = \dots$ kmol/m <sup>3</sup> , $H_A = \dots$ kJ/kmol, $d_s = \dots$ m, $d_r = \dots$ m, $d_p = \dots$ m, $L_r = \dots$ m, $\rho = \dots$ kg/m <sup>3</sup> , $c_p = \dots$ kJ/(kg K), $k_q = \dots$ kW/(m <sup>2</sup> K), $\dots$ , $T_f = \dots$ K, $FV = \dots$ m <sup>3</sup> /s. Invariability of physicochemical properties of reaction mixture and pseudo-homogeneity of catalyst layer model should be accepted. The temperature and degree of conversion profiles in the reactor should be presented graphically. The project consist of: - subject and goal of the task, - scheme of the reactor, - description of solution algorithm of boundary problem which constitutes model of autothermal reactor, - description of calculation process, - final results of calculations in tabular form, - graphical presentation of state variables distribution in the reactor and in the heat exchanger, references.	15

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Ćwiczenia projektowe

**N2** Dyskusja

**N3** Wykłady

N4 Konsultacje

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
<b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>	
Godziny wynikające z planu studiów	45
Konsultacje przedmiotowe	10
Egzaminy i zaliczenia w sesji	5
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	10
Opracowanie wyników	5
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	10
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>85</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	4.00

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Kolokwium

F2 Odpowiedź ustna

F3 Ćwiczenie praktyczne

F4 Zadanie tablicowe

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny

P2 Projekt

### OCENA AKTYWNOŚCI BEZ UDZIAŁU NAUCZYCIELA

B1 Ćwiczenie praktyczne

### KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1

NA OCENĘ 3.0	Znajomość sposobów wytwarzania katalizatorów oraz kryteriów oceny ziarn katalizatorów. Znajomość i zrozumienie etapów cząstkowych procesu kontaktowego.
NA OCENĘ 3.5	Zdefiniowanie liczby Biota, modułu Thielego oraz współczynnika efektywności ziarna i ich interpretacja fizykalna.
NA OCENĘ 4.0	Wiedza na temat wpływu warunków zewnętrznych oraz wewnętrznych oporów ruchu masy na rozkłady zmiennych stanu w ziarnie katalizatora.
NA OCENĘ 4.5	Umiejętność przeanalizowania wpływu warunków zewnętrznych oraz wewnętrznych oporów ruchu masy na współczynnik efektywności ziarna.
NA OCENĘ 5.0	Rozszerzona wiedza na temat struktury gałęzi stanów stacjonarnych nieizotermicznego ziarna katalizatora.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 3.0	Wyprowadzenie modelu procesu kontaktowego przebiegającego w ziarnie kulistym. Interpretacja fizykalna wyrazów wchodzących w skład bilansów masowego i cieplnego.
NA OCENĘ 3.5	Sprowadzenie modelu procesu kontaktowego przebiegającego w ziarnie kulistym do postaci bezwymiarowej.
NA OCENĘ 4.0	Przedstawienie algorytmu rozwiązywania modelu procesu kontaktowego przebiegającego w ziarnie kulistym.
NA OCENĘ 4.5	Umiejętność rozwiązania modelu procesu kontaktowego przebiegającego w ziarnie kulistym.
NA OCENĘ 5.0	Umiejętność przeprowadzenia numerycznego eksperymentu polegającego na określeniu rozkładów zmiennych stanu w ziarnie katalizatora dla różnych wartości liczby Biota bądź modułu Thielego.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 3.0	Umiejętność opisania zasad formułowania modeli heterogenicznych i modeli pseudohomogenicznych reaktorów kontaktowych.
NA OCENĘ 3.5	Potrafi sformułować homogeniczny model jednowymiarowy reaktora kontaktowego, w którym przebiega reakcja nieizotermiczna.
NA OCENĘ 4.0	Potrafi sformułować heterogeniczny model jednowymiarowy reaktora kontaktowego, w którym przebiega reakcja nieizotermiczna.
NA OCENĘ 4.5	Potrafi sformułować heterogeniczny model dwuwymiarowy reaktora kontaktowego, w którym przebiega reakcja nieizotermiczna.
NA OCENĘ 5.0	Potrafi napisać program komputerowy i przeprowadzić symulację procesu w autotermicznym reaktorze rurowym z jednobiegowym wymiennikiem ciepła.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 3.0	Potrafi wyprowadzić model matematyczny reaktora monolitycznego, w którym przebiega proces izotermiczny.

NA OCENĘ 3.5	Potrafi wyprowadzić model matematyczny reaktora membranowego dla pojedynczej reakcji chemicznej przebiegającej w warunkach izotermicznych.
NA OCENĘ 4.0	Potrafi sprowadzić model matematyczny reaktora membranowego dla pojedynczej reakcji chemicznej przebiegającej w warunkach izotermicznych do postaci bezwymiarowej.
NA OCENĘ 4.5	Potrafi przeanalizować wpływ wartości współczynnika permeacji na stopnie przereagowania substratu i produktu.
NA OCENĘ 5.0	Potrafi przeprowadzić obliczenia procesu przebiegającego w reaktorze membranowym

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓLOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K2_W03 K2_W06	Cel 1 Cel 2 Cel 3	W1 W2 W3 W4 W5 W6	N2 N3 N4	F1 F2 P1
EK2	K2_W05 K2_W06	Cel 3 Cel 4	W3 W4 W5	N1 N2 N3 N4	F1 F2 F3 F4 P1 P2
EK3	K2_W02 K2_W07	Cel 3 Cel 4 Cel 5	W7 W8 P1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 F3 F4 P1 P2
EK4	K2_W06	Cel 3 Cel 4 Cel 5	W4 W5	N1 N2 N3 N4	F1 F2 F3 F4 P1

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 ] H.S.Fogler — *Elemetns of chemical reaction engineering*, Massachusetts, 1992, Prentice-Hall
- [2 ] H.S.Lee — *Heterogeneous reactors desing*, Butterworth, 1984, Wiley
- [3 ] D.Kunii, O.Levenspiel — *Fluidization engineering*, New York, 1969, Wiley
- [4 ] G.Astarita, D.W.Savage, A.Bisio — *Gas treating with chemical solvents*, New York, 1983, Wiley

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA**

- [1 ] **B.Tabiś, W.Żukowski** — *Przykłady i zadania z zakresu inżynierii reaktorów chemicznych*, Kraków, 2000, Wyd. Politechniki Krakowskiej
- [2 ] **B.Tabiś, A.Gawdzik** — *Modelowanie i projektowanie reaktorów heterogenicznych*, Kraków, 1989, Wyd. Politechniki Krakowskiej

**12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH****OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ**

dr hab. inż. Szymon Skoneczny (kontakt: yourmail@gmail.com)

**OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT**

1 dr inż. Szymon Skoneczny (kontakt: skoneczny@chemia.pk.edu.pl)

**13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI**

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....