

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej

Kierunek studiów: Inżynieria Chemiczna i Procesowa

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: I

Stopień studiów: II

Specjalności: Inżynieria Odnawialnych Źródeł Energii, Inżynieria Procesów Technologicznych

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	SI-2_11b - Procesy utleniające w technologii organicznej
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	
KOD PRZEDMIOTU	WITCh ICHIP oIIS B2 15/16
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty podstawowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	2.00
SEMESTRY	2

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

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

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Dokładna analiza procesu katalitycznego na przykładzie reakcji utleniających. Powiązanie wiedzy z technologii chemicznej, chemii organicznej, chemii fizycznej i inżynierii chemicznej. Poznanie metod przesunięcia stanu równowagi chemicznej. Wskazanie zalet i wad procesów utleniających w porównaniu z procesami klasycznymi. Uzyskanie przez studenta umiejętności przewidywania aktywności katalitycznej tlenków metali w danej reakcji utleniającej w zależności od ich właściwości fizykochemicznych. Zrozumienie istoty składnika aktywnego

i nośnika kontaktu. Modyfikowanie właściwości katalitycznych kontaktu. Zrozumienie reaktywności atomów w położeniu winylowym i allilowym.

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

1 brak

#### 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Umiejętności** Student potrafi przewidzieć produkty reakcji utleniających w zależności od warunków prowadzenia procesu. Potrafi wyjaśnić mechanizmy reakcji z udziałem katalizatora, etapy procesu katalitycznego oraz obszar kinetyczny i dyfuzyjny. Potrafi także konstruować schematy technologiczne z różnymi wersjami reaktorów, w tym reaktorów membranowych.

**EK2 Umiejętności** Student potrafi określić warunki powstawania produktów utleniającego odwodornienia i produktów allilowego utleniania, zna różne warianty zagospodarowania wodoru powstającego w reakcji odwodornienia węglowodorów. Potrafi wyjaśnić mechanizm Marsa i van Krevelena oraz przyczyny stosowania nadmiaru powietrza w różnych procesach. Student wyjaśnia budowę reaktora do procesu utleniającej amonolizy propenu. Potrafi konstruować schematy technologiczne z różnymi wersjami katalizatora w reaktorze chemicznym oraz wyjaśnić wpływ modyfikatorów kontaktu na energię wiązania tlenu. Student wymienia przykłady stosowania katalizatorów zeolitowych w procesach przemysłowych.

**EK3 Wiedza** Student zna budowę fazową molibdenianów bizmutu i wanadanów magnezu oraz ich aktywność katalityczną w reakcjach utleniających. Zna także podstawowe metody otrzymywania kontaktów tlenkowych oraz wyjaśnia proces Transcat i zasadę pracy pompy mamutowej.

**EK4 Wiedza** Student zna katalityczny i elektrokatalityczny membranowy reaktor. Objaśnia zasadę pracy membrany zbudowanej z tlenków metali z jonowym i elektronowym przewodnictwem. Wie jak zaproponować alternatywne surowce i alternatywne układy katalityczne w procesie otrzymywania wybranych produktów.

#### 6 TREŚCI PROGRAMOWE

SEMINARIUM		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
S1	Interakcja węglowodoru z powierzchnią katalizatora tlenkowego. Powierzchniowe kompleksy olefin z tlenkiem metalu.	1
S2	Mechanizm powstawania produktów utleniającego odwodornienia, utleniającej kondensacji, allilowego utleniania, utleniającej amonolizy.	1.5
S3	Mechanizm reakcji utleniającego chlorowania.	1
S4	Mechanizm reakcji utleniającej estryfikacji.	1
S5	Utlenianie węglowodorów do bezwodników kwasowych na przykładzie otrzymywania bezwodnika maleinowego i bezwodnika ftalowego.	1
S6	Czynniki utleniające.	1
S7	Wady i zalety reakcji utleniających.	1.5

SEMINARIUM		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
S8	Przesunięcie stanu równowagi reakcji odwodornienia na drodze fizycznej separacji wodoru.	1
S9	Reaktory membranowe.	1
S10	Utleniające chlorowanie na przykładzie otrzymywania chlorobenzenu i chlorku etylenu. Porównanie z klasycznym procesem otrzymywania fenolu i chlorku winylu.	1
S11	Utleniające odwodornienie na przykładzie otrzymywania styrenu. Porównanie z klasycznym procesem otrzymywania styrenu.	1
S12	Utleniająca amonoliza na przykładzie otrzymywania akrylonitrylu. Porównanie z klasycznym procesem otrzymywania akrylonitrylu.	1
S13	Utleniająca estryfikacja na przykładzie otrzymywania octanu winylu. Porównanie z klasycznym procesem otrzymywania octanu winylu.	1
S14	Allilowe utlenianie na przykładzie otrzymywania akroleiny (metakroleiny). Porównanie z klasycznym procesem otrzymywania akroleiny (metakroleiny).	1

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 seminarium

## 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	15
Konsultacje przedmiotowe	3
Egzaminy i zaliczenia w sesji	2
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	15
Opracowanie wyników	0
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	15
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>50</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	2.00

## 9 SPOSOBY OCENY

ocena formująca jest równoważna ocenie podsumowującej

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Test

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Test

### KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Z pisemnego testu < 50% pozytywnych odpowiedzi. Brak zrozumienia tematu pytania. Brak znajomości wzorów związków chemicznych i podstawowych reakcji chemicznych.
NA OCENĘ 3.0	Z pisemnego testu 51-70% pozytywnych odpowiedzi. Napisanie podstawowych reakcji chemicznych. Wymienienie czynników utleniających. Znajomość podstawowych terminów związanych z katalizą. Wymienienie rodzajów reakcji utleniających.

NA OCENĘ 3.5	Z pisemnego testu 71-80% pozytywnych odpowiedzi. Umiejętność pisania reakcji utlenienia i redukcji. Znajomość roli czynników utleniających. Znajomość związku pomiędzy budową węglowodoru a jego reaktywnością. Umiejętność konstruowania podstawowych schematów technologicznych.
NA OCENĘ 4.0	Z pisemnego testu 81-90% pozytywnych odpowiedzi. Znajomość roli katalizatora w reakcji chemicznej. Umiejętność przewidywania produktów reakcji utleniających w zależności od warunków prowadzenia procesu. Znajomość sposobów przesunięcia stanu równowagi reakcji. Metody chemicznego i fizycznego wiązania wodoru. Zastosowanie reaktorów membranowych.
NA OCENĘ 4.5	Z pisemnego testu 91-96% pozytywnych odpowiedzi. Umiejętność wyjaśniania mechanizmów reakcji z udziałem katalizatora. Etapy procesu katalitycznego. Obszar kinetyczny i dyfuzyjny. Znajomość kinetyki reakcji utleniających.
NA OCENĘ 5.0	Z pisemnego testu 96-100% pozytywnych odpowiedzi. Konstruowanie różnych schematów technologicznych. Konstruowanie schematów technologicznych z różnymi wersjami reaktorów, w tym reaktorów membranowych. Modyfikowanie katalizatora tlenkowego i określenie roli modyfikatorów. Kontakty wielofunkcyjne.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Z pisemnego testu < 50% pozytywnych odpowiedzi. Brak znajomości budowy związków organicznych.
NA OCENĘ 3.0	Z pisemnego testu 51-70% pozytywnych odpowiedzi. Napisanie podstawowych reakcji chemicznych z uwzględnieniem współczynników stechiometrycznych. Wymienienie czynników utleniających. Student przedstawia na wykresie zależność energii od ścieżki reakcji, dla reakcji katalitycznej i niekatalitycznej. Student wymienia podstawowe reakcje chemiczne na przykładzie konkretnych syntez.
NA OCENĘ 3.5	Z pisemnego testu 71-80% pozytywnych odpowiedzi. Umiejętność pisania reakcji utlenienia i redukcji z udziałem reagentów nieorganicznych (np. tlenków metali). Student uzasadnia rolę czynnika utleniającego. Student uzasadnia związek pomiędzy budową węglowodoru a jego reaktywnością. Student zna typy reaktorów chemicznych.
NA OCENĘ 4.0	Z pisemnego testu 81-90% pozytywnych odpowiedzi. Znajomość roli katalizatora w reakcji chemicznej ze szczególnym uwzględnieniem rodzaju tlenku metalu. Student potrafi określić warunki powstawania produktów utleniającego odwodornienia i produktów allilowego utleniania. Student zna różne warianty zagospodarowania wodoru powstającego w reakcji odwodornienia węglowodorów ( min. spalanie wodoru w strefie reakcyjnej, spalanie wodoru separowanego na membranach i jego spalanie w celu uzyskania ciepła dla endotermicznej reakcji odwodornienia). Student potrafi wyjaśnić przyczyny zastępowania acetylenu przez inne węglowodory.
NA OCENĘ 4.5	Z pisemnego testu 91-96% pozytywnych odpowiedzi. Student wyjaśnia mechanizm Marsa i van Krevelena. Na przykładzie procesu utleniania naftalenu do bezwodnika ftalowego student wyjaśnia przyczyny stosowania nadmiaru powietrza w tym procesie. Student wyjaśnia budowę reaktora do procesu utleniającej amonolizy propenu.

NA OCENĘ 5.0	Z pisemnego testu 96-100% pozytywnych odpowiedzi. Konstruowanie schematów technologicznych z różnymi wersjami katalizatora w reaktorze chemicznym. Student potrafi wyjaśnić wpływ modyfikatorów kontaktu na energię wiązania tlenu $q_s$ . Student zna budowę tlenku wanadu i potrafi wyjaśnić przebieg utleniania węglowodorów w obecności tego tlenku. Student zna przykłady stosowania katalizatorów zeolitowych w procesach przemysłowych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Z pisemnego testu < 50% pozytywnych odpowiedzi. Brak znajomości hybrydyzacji atomu węgla.
NA OCENĘ 3.0	Z pisemnego testu 51-70% pozytywnych odpowiedzi. Napisanie podstawowych reakcji chemicznych z uwzględnieniem współczynników stechiometrycznych. Wymienienie czynników utleniających i produktów z nich powstających. Student przedstawia podstawowe zależności funkcyjne charakteryzujące proces chemiczny od strony termodynamicznej. Student wymienia podstawowe reakcje chemicznej na przykładzie konkretnych syntez i porównuje je z reakcjami zachodzącymi w procesach klasycznych.
NA OCENĘ 3.5	Z pisemnego testu 71-80% pozytywnych odpowiedzi. Student podaje drogi regeneracji czynnika utleniającego. Student porównuje reaktywność węglowodorów łańcuchowych z węglowodorami pierścieniowymi (np. propenu i toluenu). Student zna sposoby umieszczenia katalizatora w reaktorze chemicznym (reaktor z ruchomą i nieruchomą warstwą katalizatora).
NA OCENĘ 4.0	Z pisemnego testu 81-90% pozytywnych odpowiedzi. Student potrafi określić warunki powstawania produktów utleniającej kondensacji (1,5-heksadien, stilben) i produktów alilowego utleniania (akroleina). Na przykładzie benzenu student wyjaśnia trudności utlenienia wodoru winylowego. Student podaje alternatywną drogę otrzymywania fenolu z benzenu na drodze utleniania podtlenkiem azotu. Student ma umiejętność stosowania alternatywnych surowców w procesie otrzymywania wybranych produktów.
NA OCENĘ 4.5	Z pisemnego testu 91-96% pozytywnych odpowiedzi. Na przykładzie procesu otrzymywania octanu winylu z etylenu i kwasu octowego student wyjaśnia powody prowadzenia reakcji w kwaśnym środowisku (HCl). Student wyjaśnia ciąg zachodzących w tym procesie reakcji. Student wyjaśnia proces Transcat. Student wyjaśnia zasadę pracy pompy mamutowej.
NA OCENĘ 5.0	Z pisemnego testu 96-100% pozytywnych odpowiedzi. Student zna budowę fazową molibdenianów bizmutu i wanadanów magnezu oraz ich aktywność katalityczną w reakcjach utleniających. Student zna podstawowe metody otrzymywania kontaktów tlenkowych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Z pisemnego testu < 50% pozytywnych odpowiedzi. Brak znajomości podziału związków organicznych.
NA OCENĘ 3.0	Z pisemnego testu 51-70% pozytywnych odpowiedzi. Student analizuje poszczególne czynniki utleniające i wskazuje możliwości ich regeneracji. Student przedstawia podstawowe zależności funkcyjne charakteryzujące proces chemiczny od strony termodynamicznej i kinetycznej. Student jest w stanie zaplanować syntezę wybranego produktu na drodze alternatywnych dwóch syntez.

NA OCENĘ 3.5	Z pisemnego testu 71-80% pozytywnych odpowiedzi. Student porównuje reaktywność węglowodorów łańcuchowych z węglowodorami pierścieniowymi, (np. propenu i toluenu). Student podaje przykłady utleniania węglowodorów aromatycznych do bezwodników. Student zna sposoby umieszczenia katalizatora w reaktorze chemicznym (reaktor z ruchomą i nieruchomą warstwą katalizatora).
NA OCENĘ 4.0	Z pisemnego testu 81-90% pozytywnych odpowiedzi. Student potrafi wyjaśnić mechanizm utleniającej amonolizy propenu do akrylonitrylu. Student przedstawia pełną analizę metod otrzymywania fenolu. Student ma umiejętność stosowania alternatywnych surowców w procesie otrzymywania wybranych produktów.
NA OCENĘ 4.5	Z pisemnego testu 91-96% pozytywnych odpowiedzi. Student potrafi konstruować alternatywne schematy technologiczne. Student potrafi zaproponować alternatywne układy katalityczne z pełnym uzasadnieniem.
NA OCENĘ 5.0	Z pisemnego testu 96-100% pozytywnych odpowiedzi. Student zna katalityczny membranowy reaktor. Student zna elektrokatalityczny membranowy reaktor. Student potrafi wyjaśnić zasadę pracy membrany zbudowanej z tlenków metali z jonowym i elektronowym przewodnictwem.

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1		Cel 1		N1	F1 P1
EK2		Cel 1		N1	F1 P1
EK3		Cel 1		N1	F1 P1
EK4		Cel 1		N1	F1 P1

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

[1 ] John McMurry — *Chemia organiczna. T. 1-5*, Warszawa, 2007, PWN

[2 ] P.H. Groggins — *Procesy jednostkowe w syntezie organicznej*, Warszawa, 1961, WNT

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA**

- [1 ] **Maria Ziółek, Izabela Nowak** — *Kataliza heterogeniczna wybrane zagadnienia*, Poznań, 1999, Wydawnictwo naukowe UAM
- [2 ] **Barbara Grzybowska-Świrkosz** — *Elementy katalizy heterogenicznej*, Warszawa, 1993, PWN

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

prof. dr hab. inż. Jan Ogonowski (kontakt: jogonow@pk.edu.pl)

**OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT**

1 prof. dr hab. inż. Jan Ogonowski (kontakt: jogonow@pk.edu.pl)

**13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI**

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

.....