



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Zaawansowane procesy utleniania w oczyszczaniu środowiska

### Przedmiot

Kierunek studiów

Technologie Obiegu Zamkniętego

Studia w zakresie (specjalność)

-

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

4/7

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obieralny

### Liczba godzin

Wykład

30

Ćwiczenia

0

Laboratoria

0

Projekty/seminaria

0

Inne (np. online)

0

### Liczba punktów ECTS

3

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr hab. inż. Katarzyna Siwińska-Ciesielczyk

e-mail: katarzyna.siwinska-

ciesielczyk@put.poznan.pl

Wydział Technologii Chemicznej

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej

ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr hab. inż. Marcin Janczarek

e-mail: marcin.janczarek@put.poznan.pl

Wydział Technologii Chemicznej

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej

ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań



## Wymagania wstępne

Posiadanie podstawowej wiedzy z chemii nieorganicznej, chemii organicznej, chemii fizycznej oraz technologii chemicznej.

## Cel przedmiotu

Przekazanie teoretycznej oraz praktycznej wiedzy w zakresie zastosowania procesów zaawansowanego utleniania (z ang. Advanced Oxidation Processes) w eliminacji/neutralizacji zanieczyszczeń zawartych w powietrzu i/lub w środowisku wodnym. Zapoznanie z mechanizmami degradacji zanieczyszczeń w fazie gazowej i ciekłej w procesach dogłębnego utleniania. Przedstawienie metod syntezy wytwarzania nowoczesnych materiałów o właściwościach katalitycznych, które znajdują zastosowanie w metodach AOP. Omówienie rozwiązań technologicznych (w tym urządzeń) stosowanych w eliminacji zanieczyszczeń zarówno w fazie ciekłej, jak i gazowej, a pochodzących z różnych gałęzi przemysłu.

## Przedmiotowe efekty uczenia się

### Wiedza

K\_W02 - ma wiedzę z fizyki i chemii pozwalającą zrozumieć zjawiska i przemiany występujące w procesach technologicznych oraz środowiskowych.

K\_W03 - ma wiedzę z matematyki, fizyki i chemii niezbędną do opisu pojęć, koncepcji i zasad występujących w procesach technologicznych oraz środowiskowych oraz charakterystyki powiązań i zależności między jej elementami składowymi.

K\_W04 - ma usystematyzowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę z chemii nieorganicznej, organicznej, fizycznej i analitycznej.

K\_W06 - zna zasady ochrony środowiska naturalnego związane z produkcją chemiczną i gospodarką surowcami, materiałami i odpadami w obiegu zamkniętym.

K\_W07 - ma podstawową wiedzę w zakresie procesów neutralizacji i odzysku odpadów przemysłowych i komunalnych.

K\_W08 - posiada wiedzę na temat negatywnego oddziaływania technologii wytwórczych oraz przetwórczych na środowisko naturalne.

K\_W24 - zna i opisuje poszczególne metody AOP i definiuje pojęcia z nimi związane, wyjaśnia mechanizmy rozkładu zanieczyszczeń w zależności od zastosowanej metody AOP, charakteryzuje podstawowe urządzenia do realizacji metod AOP, zna możliwości zastosowania poszczególnych metod AOP w przemyśle.

### Umiejętności

K\_U01 - potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł związanych z metodami zaawansowanego utleniania, także w języku obcym, integrować je, interpretować oraz wyciągać wnioski i formułować opinie.



K\_U04 - ma umiejętność samokształcenia się, potrafi korzystać zgodnie z zasadami etyki z informacji źródłowych w języku polskim i obcym, czyta ze zrozumieniem, prowadzi analizy, syntezy, podsumowania, krytyczne oceny i poprawne wnioskowanie.

K\_U08 - potrafi planować i organizować pracę indywidualną oraz w zespole.

K\_U10 - dobiera metody kontroli przebiegu procesów i oceny jakości surowców, produktów i odpadów.

K\_U12 - potrafi dokonać wyboru odpowiedniej metody AOP do usuwania zanieczyszczeń z danych strumieni ciekłych i gazowych.

K\_U15 - w oparciu o zdobytą wiedzę potrafi opracować samodzielny lub zespołowy projekt/raport z wykonanych prac i dokonać jego prezentacji multimedialnej.

#### Kompetencje społeczne

K\_K02 - wykazuje samodzielność i inwencję w pracy indywidualnej, jak i efektywnie współdziała w zespole, pełniąc w nim różne role; obiektywnie ocenia efekty pracy własnej i członków zespołu.

K\_K09 - wspiera ideę harmonijnego, globalnego rozwoju cywilizacyjno-gospodarczego, promując zasady gospodarki obiegu zamkniętego, zrównoważonego rozwoju i racjonalnego gospodarowania zasobami środowiska naturalnego w skali lokalnej i globalnej.

K\_K10 - ma świadomość negatywnego wpływu działalności człowieka na stan środowiska i czynnie przeciwdziała jego degradacji.

#### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wykład: Zaliczenie stacjonarne - wiedza nabyta w ramach wykładu jest weryfikowana w formie egzaminu pisemnego po zakończonym cyklu wykładów. Egzamin obejmuje 5-10 pytań otwartych.

Zaliczenie zdalne - wiedza nabyta w ramach wykładu jest weryfikowana w formie egzaminu pisemnego po zakończonym cyklu wykładów za pośrednictwem platformy eKursy. Egzamin obejmuje 3-5 pytań otwartych, na które studenci odpowiadają w trybie "live view" z włączoną kamerką internetową za pośrednictwem platformy eMeeting lub Zoom, oraz 10-20 pytań testowych otwartych lub zamkniętych (jednokrotnego lub wielokrotnego wyboru), na które studenci odpowiadają korzystając z modułu testów na platformie eKursy. Kryterium oceny: 3 - 50,1%-60,0%; 3,5 - 60,1%-70%; 4 - 70,1%-80,0%; 4,5 - 80,1%-90%; 5 - od 90,1%.

#### Treści programowe

1. Pochodzenie, rodzaj, charakterystyka ilościowa i jakościowa zanieczyszczeń środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem ścieków pochodzących z różnych gałęzi przemysłu, m.in. chemicznego, farmaceutycznego, włókienniczego, papierniczego, paliwowego, energetycznego czy rolno-spożywczego. Uwarunkowania prawne co do jakości odprowadzanych, oczyszczonych ścieków przemysłowych.
2. Podział metod oczyszczania zanieczyszczeń uwzględniając drogę ich eliminacji na: mechaniczne (fizyczne), biologiczne, chemiczne, fizyczno-chemiczne, kombinowane.



3. Ogólna charakterystyka i podział metod zaliczanych do procesów zaawansowanego utleniania (z ang. Advanced Oxidation Processes - AOP).
4. Tlen i reaktywne formy tlenu wykorzystywane w procesach AOP.
5. Charakterystyka procesów chemicznych oraz fotochemicznych stosowanych w usuwaniu zanieczyszczeń z wód, gleby i powietrza: ozonowanie i ozonoliza prowadzona w obecności światła UV, sonoliza, radioliza, utlenianie za pomocą H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> przy wykorzystaniu układu Fentona H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>2+</sup>, zaawansowane utlenianie w wodzie pod- i nadkrytycznej, fotoliza i fotoutlenianie, utlenianie fotokatalityczne z wykorzystaniem półprzewodników. Metody łączone z uwzględnieniem i identyfikacją efektów synergicznych pomiędzy procesami AOP.
6. Mechanizm rozkładu zanieczyszczeń w fazie gazowej i ciekłej realizowanych w procesach zaawansowanego utleniania.
7. Wytwarzanie nowoczesnych materiałów o właściwościach katalitycznych oraz ich wykorzystanie w metodach AOP.
8. Zastosowanie metod AOP w oczyszczaniu wybranych strumieni ciekłych i gazowych. Studia przypadku (case studies).

### Metody dydaktyczne

Wykład – prezentacja multimedialna, materiały w formie plików pdf na platformie eKursy

Konsultacje.

### Literatura

Podstawowa

Barbusiński K., Zaawansowane utlenianie w procesach oczyszczania wybranych ścieków przemysłowych, Wydawnictwo Politechnika Śląska, Gliwice, 2013 r.

Zarzycki R., Zaawansowane techniki utleniania w ochronie środowiska, PAN Oddział w Łodzi, Łódź, 2002 r.

Zarzycki R., Zaawansowane utlenianie w pod- i nadkrytycznej, PAN Oddział w Łodzi, Łódź, 2002 r.

Nawrocki J., Biłozor S., Uzdatnianie wody. Procesy chemiczne i biologiczne, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2000 r.

Bartkiewicz B., Oczyszczanie ścieków przemysłowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006 r.

Uzupełniająca

Barbusiński K., Intensyfikacja procesu oczyszczania ścieków i stabilizacji osadów nadmiarowych z wykorzystaniem odczynnika Fentona, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 1603, Gliwice, 2004 r.



Parsons S., Advanced oxidation processes for water and wastewater treatment, IWA Publishing, London SW1H 0QS, UK, 2004 r.

Oppenlander T., Photochemical purification of water and air. Advanced Oxidation Processes (AOP's) Principles, reaction mechanism, reaction concept. Willey - VCH, 2002 r.

Anielak A.M., Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002 r.

Zaleska A., Grabowska E., Nowoczesne procesy utleniania – ozonowanie, utlenianie fotokatalityczne, reakcja Fentona, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2008 r.

Garrido-Cardenas J.A., Esteban-Garcia B., Aguera A., Sanchez-Perez J.A., Manzano-Agugliaro F., Wastewater treatment by advanced oxidation process and their worldwide research trends, International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17, 170, doi:10.3390/ijerph17010170

Miklos D.B., Remy C., Jekel M., Linden K.G., Drewes J.E., Hubner U., Evaluation of advanced oxidation processes for water and wastewater treatment - a critical review, Water Research, 2018, 139, 118-131.

#### **Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	75	3,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	38	1,5
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwiów/egzaminu, wykonanie projektu) <sup>1</sup>	37	1,5

<sup>1</sup> niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności