



## Reaktory wielofunkcyjne

### Karta opisu przedmiotu

#### Informacje podstawowe

|                                                                              |                                                                                                                                                                |                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Kierunek studiów</b><br>Technologia Chemiczna (kierunek wspólny - WIMiC)  |                                                                                                                                                                | <b>Cykl dydaktyczny</b><br>2024/2025                    |
| <b>Specjalność</b><br>Wszystkie                                              |                                                                                                                                                                | <b>Kod przedmiotu</b><br>CTCHS.III1.16029.24            |
| <b>Jednostka organizacyjna</b><br>Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki |                                                                                                                                                                | <b>Języki wykładowe</b><br>polski                       |
| <b>Poziom kształcenia</b><br>Studia magisterskie inżynierskie II stopnia     |                                                                                                                                                                | <b>Obligatoryjność</b><br>Obowiązkowy                   |
| <b>Forma studiów</b><br>Stacjonarne                                          |                                                                                                                                                                | <b>Blok zajęciowy</b><br>Przedmioty kierunkowe          |
| <b>Profil studiów</b><br>Ogólnoakademicki                                    |                                                                                                                                                                | <b>Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi</b><br>Nie |
| <b>Koordynator przedmiotu</b>                                                | Marzena Mitoraj-Królikowska                                                                                                                                    |                                                         |
| <b>Prowadzący zajęcia</b>                                                    | Marzena Mitoraj-Królikowska, Krzysztof Mars                                                                                                                    |                                                         |
| <b>Okres</b><br>Semestr 1                                                    | <b>Forma zaliczenia</b><br>Zaliczenie<br><br><b>Forma prowadzenia i godziny zajęć</b><br>Wykład: 15<br>Ćwiczenia projektowe: 15<br>Ćwiczenia laboratoryjne: 15 | <b>Liczba punktów ECTS</b><br>3                         |

#### Cele kształcenia dla przedmiotu

|    |                                                                                                    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C1 | Zapoznanie studentów z podstawowymi modelami reaktorów.                                            |
| C2 | Zaznajomienie studentów z reaktorami wielofunkcyjnymi, a także mikroreaktorami i bioreaktorami.    |
| C3 | Przekazanie praktycznej wiedzy z zakresu projektowania i monitorowania reaktorów wielofunkcyjnych. |
| C4 | Zapoznanie studentów z zagadnieniami doboru optymalnego typu reaktora i parametrów syntezy.        |

## Efekty uczenia się dla przedmiotu

| Kod                                                     | Efekty w zakresie                                                                                                                                                                                                                   | Kierunkowe efekty uczenia się   | Metody weryfikacji                                                                        |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wiedzy - Student zna i rozumie:</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |                                                                                           |
| W1                                                      | Student posiada wiedzę w zakresie modeli stechiometrycznych, ogólnych równań bilansowych, kinetyki procesów zachodzących w reaktorach oraz stosowania metod obliczeniowych do określania warunków pracy reaktorów wielofunkcyjnych. | TCH2A_W01, TCH2A_W02, TCH2A_U02 | Kolokwium                                                                                 |
| W2                                                      | Student posiada podstawową wiedzę z zakresu zasad doboru optymalnych parametrów syntezy oraz typu reaktora.                                                                                                                         | TCH2A_W01, TCH2A_W02, TCH2A_K02 | Kolokwium, Referat                                                                        |
| W3                                                      | Student dysponuje wiedzą na temat możliwości integracji reaktorów z innymi procesami lub operacjami jednostkowymi.                                                                                                                  | TCH2A_W03                       | Kolokwium, Referat                                                                        |
| <b>Umiejętności - Student potrafi:</b>                  |                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |                                                                                           |
| U1                                                      | Student umie wykonać model stechiometryczny reaktora, dokonać obliczeń z zakresu bilansu masy, bilansu ciepła oraz dobrać odpowiedni typ reaktora.                                                                                  | TCH2A_U02, TCH2A_U04            | Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Prezentacja                                 |
| U2                                                      | Student potrafi uwzględniać aspekty pozatechniczne, w tym ekologiczne, ekonomiczne przy rozwiązywaniu problemów technicznych.                                                                                                       | TCH2A_U03, TCH2A_U09            | Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaliczenie laboratorium                                |
| U3                                                      | Student posiada umiejętność pracy zespołowej i indywidualnej.                                                                                                                                                                       | TCH2A_U07                       | Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaangażowanie w pracę zespołu, Zaliczenie laboratorium |
| U4                                                      | Student umie przewidywać wpływ parametrów syntezy na przebieg reakcji w reaktorze.                                                                                                                                                  | TCH2A_U04                       | Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaliczenie laboratorium                                |
| <b>Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:</b> |                                                                                                                                                                                                                                     |                                 |                                                                                           |
| K1                                                      | Student rozumie znaczenie podstawowej wiedzy z zakresu reaktorów w rozwoju nowoczesnych technologii.                                                                                                                                | TCH2A_K02                       | Kolokwium, Prezentacja                                                                    |
| K2                                                      | Student rozumie potrzebę optymalizacji procesów technologicznych.                                                                                                                                                                   | TCH2A_K01                       | Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Referat, Zaliczenie laboratorium                       |

## Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Udział w wykładach oraz aktywne uczestnictwo w zajęciach projektowych i laboratoryjnych zapewniają możliwość zdobycia wiedzy i umiejętności w zakresie ogólnych równań bilansowych, kinetyki procesów zachodzących w reaktorach, zasad doboru optymalnych parametrów procesu technologicznego oraz typu reaktora, charakteryzowania pracy reaktorów wielofunkcyjnych różnych typów, określania warunków stosowania reaktorów wielofunkcyjnych.

## Nakład pracy studenta

|                               |                                                                         |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rodzaje zajęć studenta</b> | <b>Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności</b> |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|

|                                                                   |                            |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Wykład                                                            | 15                         |
| Ćwiczenia projektowe                                              | 15                         |
| Ćwiczenia laboratoryjne                                           | 15                         |
| Przygotowanie do zajęć                                            | 5                          |
| Samodzielne studiowanie tematyki zajęć                            | 8                          |
| Dodatkowe godziny kontaktowe                                      | 5                          |
| Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania | 10                         |
| Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe                                | 2                          |
| <b>Łączny nakład pracy studenta</b>                               | <b>Liczba godzin</b><br>75 |
| <b>Liczba godzin kontaktowych</b>                                 | <b>Liczba godzin</b><br>45 |

\* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

### Treści programowe

| Lp. | Treści programowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Efekty uczenia się dla przedmiotu | Formy prowadzenia zajęć |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 1.  | <p>Reaktory wielofunkcyjne - wykład:</p> <p>Wprowadzenie do zagadnień związanych z zadaniami procesów reaktorowych w przemyśle.<br/> Przedstawienie podstawowych typów i modeli reaktorów homogenicznych okresowych i przepływowych.<br/> Przedstawienie przykładów reaktorów dla procesów heterogenicznych.<br/> Wprowadzenie do zagadnienia reaktorów wielofunkcyjnych.<br/> Przekazanie podstawowej wiedzy z tematyki dotyczącej rozwoju i znaczenia mikroreaktorów.<br/> Charakterystyka pracy bioreaktorów, w tym reaktorów stosowanych w oczyszczalniach ścieków.<br/> Zapoznanie z systemami do kontroli i monitorowania syntez w reaktorach.</p> | W1, W2, W3, K1                    | Wykład                  |
| 2.  | <p>Reaktory wielofunkcyjne - projekt:</p> <p>Modele stechiometryczne - określanie liczby reakcji liniowo niezależnych.<br/> Bilans masy i ciepła reaktora.<br/> Znaczenie liczb kryterialnych w projektowaniu reaktorów.<br/> Badanie kinetyki reakcji - metody izolacyjne.<br/> Symulowanie przyrostu warstwy biologicznej w bioreaktorach.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | W1, W2, U1, U2, U3, U4, K1, K2    | Ćwiczenia projektowe    |

| Lp. | Treści programowe                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Efekty uczenia się dla przedmiotu | Formy prowadzenia zajęć |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 3.  | Reaktory wielofunkcyjne - ćwiczenia laboratoryjne:<br><br>Kontrola parametrów (temperatura, pH, szybkość mieszania) wybranych reakcji w laboratoryjnym reaktorze okresowym.<br>Monitorowanie przebiegu reakcji w przykładowych reaktorach przepływowych.<br>Próba modelowania parametrów pracy reaktorów laboratoryjnych. | U3, U4, K2                        | Ćwiczenia laboratoryjne |

## Informacje rozszerzone

### Metody i techniki kształcenia :

Praca grupowa, Dyskusja, Mini wykład, Praca z materiałem źródłowym

| Rodzaj zajęć            | Metody zaliczenia                                                                         | Warunki zaliczenia przedmiotu                                                                      |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wykład                  | Referat                                                                                   | Krótką pracę pisemną na podstawie wybranej przez prowadzącego publikacji naukowej.                 |
| Ćwiczenia projektowe    | Kolokwium, Prezentacja                                                                    | Oddanie projektu w terminie. W semestrze przewidziane jest jedno kolokwium oraz jedna prezentacja. |
| Ćwiczenia laboratoryjne | Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Zaangażowanie w pracę zespołu, Zaliczenie laboratorium | Ocenie podlega zaangażowanie w zajęcia laboratoryjne oraz obecność na zajęciach.                   |

### Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu

Warunki zgodne z regulaminem studiów. Warunkiem uzyskania zaliczenia jest uzyskanie pozytywnej oceny z ćwiczeń projektowych i laboratoryjnych oraz uzyskanie pozytywnej oceny końcowej. W przypadku braku pozytywnej oceny z ćwiczeń projektowych i laboratoryjnych studentowi przysługują dwa terminy poprawkowe, w terminach ustalanych indywidualnie.

### Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa jest obliczana według algorytmu:

Ocena końcowa =  $0,3 \times \text{ocena z wykładu} + 0,5 \times \text{ocena z ćwiczeń projektowych} + 0,2 \times \text{ocena z ćwiczeń laboratoryjnych}$

Oceny składowe oceny końcowej są obliczone według algorytmów:

Ocena z wykładu = ocena z referatu

Ocena z ćwiczeń projektowych =  $0,5 \times \text{ocena z projektu} + 0,3 \times \text{ocena z kolokwium} + 0,2 \times \text{ocena z prezentacji}$ . Wszystkie oceny muszą być pozytywne.

Ocena z ćwiczeń laboratoryjnych =  $0,5 \times \text{obecność} + 0,5 \times \text{aktywność na zajęciach}$

Wszystkie szczegóły obliczania ocen są podawane przez prowadzącego na pierwszych zajęciach.

Obowiązuje skala ocen AGH.

### Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

Obecność na ćwiczeniach projektowych i laboratoryjnych jest obowiązkowa. W przypadku nieobecności konieczne jest jej usprawiedliwienie oraz ustalenie zakresu i terminu nadrobienia powstałych zaległości, w szczególności dotyczących napisania zaległego kolokwium.

Pozostałe przypadki do uzgodnienia z prowadzącym przedmiot.

## Wymagania wstępne i dodatkowe

Student powinien mieć podstawy technologii chemicznej.

### Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa

Wykład: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Obecność nie jest obowiązkowa, lecz zalecana.

Ćwiczenia projektowe: Studenci wykonują prace praktyczne mające na celu uzyskanie kompetencji zakładanych przez sylabus. Ocenie podlega projekt i prezentacja oraz efekt końcowy. Obecność jest obowiązkowa. Dopuszczalna jest jedna nieobecność.

Ćwiczenia laboratoryjne: Studenci poznają w praktyce wybrane zagadnienia poruszane w trakcie wykładu i ćwiczeń projektowych. Obecność jest obowiązkowa.

## Literatura

### Obowiązkowa

1. „Inżynieria Reaktorów Chemicznych”, TOM I – Reaktory dla układów homogenicznych, A. Burghardt, G. Bartelmus, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001
2. „Inżynieria Reaktorów Chemicznych”, TOM II – Reaktory dla układów heterogenicznych, A. Burghardt, G. Bartelmus, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001
3. „Zasady Inżynierii Reaktorów Chemicznych”, Bolesław Tabiś, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa 2000
4. „Podstawy Inżynierii Reaktorów Chemicznych”, J. Szarawara, J. Skrzypek, A. Gawdzik, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1991
5. „Przykłady i Zadania z Zakresu Inżynierii Reaktorów Chemicznych”, B. Tabiś, W. Żukowski, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2000
6. „Przykłady obliczeń z termodynamiki i kinetyki procesów inżynierii chemicznej”, S. Wroński, R. Pohorecki, J. Siwiński, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa 1979
7. „Obliczeniowe Zagadnienia Inżynierii Reaktorów Chemicznych”, M. Palica, A. Burghardt, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009
8. „Pomoce Projektowe z Inżynierii Chemicznej i Procesowej”, praca zbiorowa pod redakcją Michała Palicy i Jerzego Raczka, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010
9. "Procesy adsorpcji reaktywnej. Reaktory wielofunkcyjne i chromatograficzne", Eugeniusz Molga, Wydawnictwo WNT, 2018
10. Sekwencyjne reaktory porcjowe, Adam Masłoń, Janusz A. Tomaszek, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, 2017

### Dodatkowa

1. "Microreactors in organic chemistry and catalysis", ed. by Thomas Wirth, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2013
2. "Chemical reactions and chemical reactors", George W. Roberts. John Wiley & Sons, 2008
3. „Chemical reactor analysis and applications for the practicing engineering”, L. Theodore, John Wiley & Sons, 2012
4. Najnowsze publikacje naukowe

## Kierunkowe efekty uczenia się

| Kod       | Treść                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TCH2A_K01 | Absolwent jest gotów do krytycznej oceny posiadanej wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| TCH2A_K02 | Absolwent jest gotów do podjęcia świadomej roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, przestrzegania zasad etyki zawodowej, dbania o dorobek i tradycję zawodową, myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| TCH2A_U02 | Absolwent potrafi wykorzystywać posiadaną wiedzę do kształtowania właściwości zaprojektowanych materiałów stosując w tym celu właściwe metody badawcze oraz pogłębioną wiedzę w zakresie ich struktury, mikrostruktury, właściwości i oddziaływań w układzie materiał - środowisko oraz planować i przeprowadzać eksperymenty, interpretować wyniki, wyciągać wnioski i przeprowadzać krytyczną analizę istniejących rozwiązań technicznych i technologicznych oraz rozwiązywać problemy inżynierskie i badawcze |
| TCH2A_U03 | Absolwent potrafi przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich dostrzegać aspekty pozatechniczne, dokonywać wstępnej oceny ekonomicznej proponowanych rozwiązań oraz rozwiązywać zagadnienia techniczne z wykorzystaniem metod dokładnych i przybliżonych                                                                                                                                                                                                                                                              |
| TCH2A_U04 | Absolwent potrafi zaprojektować aparaturę chemiczną lub proces technologiczny z wykorzystaniem technik analitycznych i przybliżonych, zgodnie z metodologią BAT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| TCH2A_U07 | Absolwent potrafi planować i organizować pracę indywidualną i w zespole                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| TCH2A_U09 | Absolwent potrafi przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich dostrzegać aspekty pozatechniczne, dokonywać wstępnej oceny ekonomicznej proponowanych rozwiązań oraz rozwiązywać zagadnienia techniczne z wykorzystaniem metod dokładnych i przybliżonych                                                                                                                                                                                                                                                              |
| TCH2A_W01 | Absolwent zna i rozumie w pogłębionym stopniu zagadnienia szeroko pojętej chemii, z zakresu surowców i materiałów, fizykochemii procesów ich wytwarzania i użytkowania, jak również odpadów przemysłowych oraz ich wykorzystania w ochronie środowiska                                                                                                                                                                                                                                                           |
| TCH2A_W02 | Absolwent pogłębioną wiedzę z zakresu metod badań struktury, mikrostruktury, właściwości surowców, półproduktów, gotowych materiałów i odpadów przemysłowych oraz zna i rozumie w pogłębiony sposób zasady związane z doбором materiałów stosowanych w budowie aparatury i instalacji chemicznych, a także z dokumentacją techniczną i eksploatacją maszyn i urządzeń technicznych                                                                                                                               |
| TCH2A_W03 | Absolwent zna i rozumie w pogłębiony sposób procesy zachodzące w urządzeniach i systemach technicznych                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |