



|                                     |                                                |                                      |                                  |                                     |              |
|-------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Kod przedmiotu                      | 1070-ICIPP-MSP-101                             | Nazwa przedmiotu                     | w j. polskim                     | Projektowanie reaktorów chemicznych |              |
|                                     |                                                |                                      | w j. angielskim                  | Design of Chemical Reactors         |              |
| Kierownik przedmiotu                | dr inż. Jan Krzysztoforski                     |                                      |                                  |                                     |              |
| Jednostka prowadząca                | WICHiP PW                                      | Kierunek studiów                     | Inżynieria chemiczna i procesowa |                                     |              |
| Profil i poziom kształcenia         | ogólnoakademicki studia II stopnia stacjonarne | Semestr studiów                      | 1                                | Specjalność                         | IPP          |
| Rodzaj przedmiotu                   | obowiązkowy specjalnościowy                    |                                      | Język zajęć                      |                                     | polski       |
| Forma zaliczenia: Egzamin (Tak/Nie) | Tak                                            | Sumaryczna liczba godzin w semestrze | 90                               | Sumaryczna liczba ECTS              | 6            |
| Typ zajęć                           |                                                | Wykład                               | Ćwiczenia audytoryjne            | Ćwiczenia projektowe                | Laboratorium |
| Liczba godzin zajęć                 | Tygodniowo                                     | 2                                    | -                                | 4                                   | -            |
|                                     | łącznie w semestrze                            | 30                                   | -                                | 60                                  | -            |

**I. Wymagania wstępne i dodatkowe**

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

**II. Cele przedmiotu**

|       |                                                                                                      |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II.1. | Zapoznanie studentów z zaawansowanymi metodami opisu procesów zachodzących w reaktorach chemicznych. |
| II.2. | Przygotowanie studentów do formułowania modeli matematycznych i ich rozwiązywania.                   |
| II.3. | Zdobycie przez studentów umiejętności kompleksowego projektowania reaktorów chemicznych.             |

**III. Treści programowe przedmiotu (dla każdego typu zajęć oddzielnie)**

**III.1. Wykład**

| Lp. | Treść                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Liczba godz. |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1.  | Wprowadzenie do projektowania reaktorów chemicznych. Omówienie cech dobrego reaktora chemicznego oraz parametrów opisujących jakość jego pracy. Znaczenie interdyscyplinarności w projektowaniu reaktorów chemicznych. Wyzwania w projektowaniu reaktorów chemicznych.                                                                                                                             | 3            |
| 2.  | Reakcje płyn-ciało stałe. Katalizatory stałe. Kinetyka reakcji katalitycznych. Efektywność katalizatora. Projektowanie reaktorów kontaktowych. Modele pseudohomogeniczne i heterogeniczne dla reaktorów kontaktowych.                                                                                                                                                                              | 3            |
| 3.  | Zastosowanie bilansu populacji do opisu rozproszonych układów wielofazowych. Powiązanie bilansu populacji z metodami CFD, metody zamknięcia.                                                                                                                                                                                                                                                       | 3            |
| 4.  | Mieszanie w czasie i przestrzeni w reaktorach chemicznych. Stopień segregacji. Definicja i cechy burzliwości. Hipoteza Reynoldsa. Koncepcja lepkości burzliwej. Metody zamknięcia (modele jednorównaniowe; dwurównaniowe: $k-\omega$ oraz $k-\epsilon$ ). Modelowanie mieszania burzliwego z reakcją chemiczną. Koncepcja dyfuzyjności burzliwej. Równania bilansowe reagentów. Metody zamknięcia. | 3            |
| 5.  | Bioreaktory. Zasady bilansowania bioreaktorów. Modele kinetyki wzrostu mikroorganizmów. Modele kinetyki reakcji enzymatycznych. Zasady bilansowania i projektowania bioreaktorów.                                                                                                                                                                                                                  | 3            |
| 6.  | Przedstawienie zasad projektowania reaktorów chemicznych (procedura projektowania reaktorów chemicznych, bilanse pędu, masy i energii, omówienie różnych rodzajów reaktorów chemicznych, dobór typu reaktora i jego komponentów, powiększanie skali, analiza ekonomiczna, bezpieczeństwo, aparatura kontrolno-pomiarowa oraz układy regulacji automatycznej)                                       | 15           |

**III.3. Ćwiczenia projektowe**

| Lp. | Treść                                                               | Liczba godz. |
|-----|---------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1.  | Modelowanie reaktora rurowego z nieruchomym złożem katalizatora     | 10           |
| 2.  | Modelowanie bioreaktora                                             | 10           |
| 3.  | Modelowanie układu regulacji automatycznej dla reaktora chemicznego | 10           |
| 4.  | Wykonanie projektu reaktora chemicznego                             | 30           |

**IV. Wykaz efektów uczenia się dla przedmiotu**

| Rodzaj efektu | Symbol efektu uczenia się | Odniesienie do kierunkowych efektów uczenia się | Efekt uczenia się                                                                                                                                                                                                                                        | Metody weryfikacji osiągnięcia efektu uczenia się* |
|---------------|---------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>WIEDZA</b> |                           |                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                    |
| W1            | K2_W04                    | I.P7S_WG.o<br>III.P7S_WG<br>P7U_W               | 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) oraz do projektowania reaktorów chemicznych. | EP, PDM, D, WP                                     |

| UMIEJĘTNOŚCI                                                                                                                                                                                                                        |        |                                     |                                                                                                                                                                                                           |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| U1                                                                                                                                                                                                                                  | K2_U04 | I.P7S_UW.o<br>III.P7S_UW.o<br>P7U_U | Potrafi posługiwać się podstawowymi programami komputerowymi komercyjnymi oraz potrafi przygotować własne proste programy, wspomagające realizację zadań typowych dla inżynierii chemicznej i procesowej. | PDM,<br>D, WP     |
| U2                                                                                                                                                                                                                                  | K2_U07 | I.P7S_UW.o<br>III.P7S_UW.o<br>P7U_U | Potrafi modelować przebieg procesów chemicznych w reaktorach oraz potrafi projektować reaktory chemiczne z uwzględnieniem różnych aspektów technicznych i ekonomicznych.                                  | EP, PDM,<br>D, WP |
| KOMPETENCJE SPOŁECZNE                                                                                                                                                                                                               |        |                                     |                                                                                                                                                                                                           |                   |
| KS1                                                                                                                                                                                                                                 | K2_K02 | I.P6S_KR<br>P6U_K                   | Potrafi myśleć i działać samodzielnie.                                                                                                                                                                    | EP, PDM,<br>D, WP |
| * - Metody weryfikacji: np. egzamin pisemny/ustny (EP/EU), sprawdzian pisemny/ustny (SP/SU), kolokwium (K), wykonanie projektu (WP), sprawozdanie (SPR), referat (R), test (T), praca domowa (PDM), dyskusja (D), seminarium (SEM). |        |                                     |                                                                                                                                                                                                           |                   |

| V. Literatura zalecana i dodatkowa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 1. Bałdyga J., Bourne J.R., Turbulent Mixing and Chemical Reactions, Wiley & Sons, New York, 1999.<br>2. Tabiś B., Zasady inżynierii reaktorów chemicznych, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2000.<br>3. Burghardt A., Bartelmus G., Inżynieria reaktorów chemicznych. Tom 2. Reaktory dla układów heterogenicznych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.<br>4. Levenspiel O., Chemical Reaction Engineering, 3rd ed., J. Wiley, 1998.<br>5. Szarawara J., Skrzypek J., Podstawy inżynierii reaktorów chemicznych, WNT, Warszawa, 1980.<br>6. Towler G., Sinnott, R., Chemical Engineering Design. Principles. Practice and Economics of Plant and Process Design, Elsevier, 2013.<br>7. Turton R., Bialie R.C., Whiting W.B., Shaeiwitz, Bhattacharyya D., Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes, Pearson, 2012. |  |

| VI. Nakład pracy studenta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się |                                                                                                                                                       |              |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Lp.                                                                    | Treść                                                                                                                                                 | Liczba godz. |
| 1.                                                                     | Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu studiów                                                                              | 90           |
| 2.                                                                     | Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów etc.                                                      | 12           |
| 3.                                                                     | Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych etc. | 50           |
| 4.                                                                     | Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia etc.                                                  | 25           |
| <b>Sumaryczny nakład pracy studenta</b>                                |                                                                                                                                                       | <b>177</b>   |
| <b>Liczba punktów ECTS</b>                                             |                                                                                                                                                       | <b>6</b>     |