**Nazwa przedmiotu:**

Obliczeniowa mechanika płynów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Łukasz Makowski, profesor uczelni

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1070-IC000-MSP-215

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

4

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu studiów. 75
2. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów etc. 15
3. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych etc. 30
4. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia etc. 30
Sumaryczny nakład pracy studenta 150

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

-

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

-

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 45h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Zdany egzamin z Mechaniki płynów.

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

1. Nabycie wiedzy na temat obliczeniowych analiz przepływów.
2. Nabycie umiejętności związanych z wykorzystaniem kodu numerycznego do symulacji prostych procesów inżynierii chemicznej i procesowej.
3. Uzyskanie przez studenta podstawowej wiedzy z zakresu numerycznej symulacji transportu pędu, energii i masy oraz praktycznego rozwiązania w/w zagadnień z wykorzystaniem solvera CFD.

**Treści kształcenia:**

 Wykład
1. Wprowadzenie - zalety stosowania analiz CFD, CFD jako narzędzie projektowe, obszary zastosowań CFD w inżynierii chemicznej i procesowej.
2. Pakiety komercyjne CFD: typy pakietów, cechy charakterystyczne i użytkowe, wymagania hardware’owe, przewidywane kierunki rozwoju.
3. Numeryczne metody rozwiązywania równań bilansu transportu, Solvery bazujące na metodzie objętości skończonej.
4. Podstawowe etapy procesu analizy numerycznej – konstruowanie siatek numerycznych, warunki brzegowe, rozwiązania numeryczne, błędy dyskretyzacji, błędy użytkownika, interpretacja wyników obliczeń.
5. Modele szczegółowe CFD: przepływy burzliwe, płyny nienewtonowskie, media porowate, przepływy płynów dwufazowych, przepływ płynów z jednoczesną reakcją chemiczną, promieniowanie.
6. Prezentacja wybranych zastosowań CFD w procesach inżynierii chemicznej: filtracja, krystalizacja, mieszanie, mikro- i nano-procesy, pompy, precypitacja, reaktory chemiczne i biochemiczne, suszenie, symulacje wielkowirowe, układy ciecz-ciecz i ciecz-ciało stałe, układy gaz-ciało stałe, układy gaz-ciecz, wymienniki ciepła.

Laboratorium
1. Wprowadzenie do laboratorium. Omówienie podstawowych etapów procesu analizy numerycznej. Zapoznanie z pakietem Ansys CFD.
2. Przegląd współczesnych metod numerycznych mechaniki płynów i wymiany ciepła – Metoda Objętości Kontrolnych (MOK), Metoda Elementów Skończonych (MES).
3. Przygotowanie modelu i zasady tworzenia siatek numerycznych. Omówienie metod dyskretyzacji przestrzennej i czasowej.
4. Omówienie różnych typów warunków brzegowych i początkowych.
5. Schematy różnicowe dla równań różniczkowych cząstkowych oraz ich stabilność. Wybór metod numerycznych w celu uzyskania zbieżności obliczeń.
6. Analiza modelu numerycznego – zgodność, stabilność, zbieżność rezultatów. Ocena dokładności wyników w zależności od jakości zastosowanej siatki numerycznej. Obróbka i interpretacja wyników.
7. Omówienie walidacji i weryfikacji uzyskiwanych wyników numerycznych. Analiza błędów numerycznych.
8. Indywidualny projekt obliczeniowy dotyczący wykorzystania obliczeniowej mechaniki płynów w procesach inżynierii chemicznej i procesowej, takich jak: filtracja, krystalizacja, mieszanie, mikro- i nano-procesy, pompy, precypitacja, reaktory chemiczne i biochemiczne, suszenie, układy ciecz-ciecz i ciecz-ciało stałe, układy gaz-ciało stałe, układy gaz-ciecz, wymienniki ciepła.

**Metody oceny:**

1. sprawdzian pisemny
2. kolokwium
3. referat
4. sprawozdanie
5. dyskusja
6. seminarium

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. J. H. Ferziger, M. Perić, Computational methods for fluid dynamics, 1996.
2. J. D. Anderson, Computational fluid dynamics, 1995
3. Z. Jaworski, Numeryczna mechanika płynów w inżynierii chemicznej i procesowej, 2005
4. T. J. Chung, Computational fluid dynamics, 2002
5. W. Prosnak, Wprowadzenie do numerycznej mechaniki płynów, 1993.
6. C. A. J. Fletcher, Computational techniques for fluid dynamics, 2002.

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

Wykład:
Wykład składa się z 15 wykładów po 2 h każdy. Na przedostatnim wykładzie w semestrze odbywa się sprawdzian pisemny. Na ostatnim wykładzie w semestrze odbywa się pisemny sprawdzian poprawkowy. Zaliczenie składa się z pytań teoretycznych. Weryfikacja osiągnięcia efektów uczenia dla tej części zajęć jest dokonywana na podstawie wyniku zaliczenia pisemnego, dla którego wyznacza się dwa terminy przed końcem zajęć w semestrze zimowym. Zaliczenie odbywa się zdalnie na platformie Microsoft Teams. Student przystępując do zaliczania zdalnego zobowiązany jest do włączenia kamery oraz mikrofonu. Na prośbę prowadzącego student musi okazać legitymację. W trakcie zaliczenia student nie korzysta z żadnych materiałów oraz pomocy innych osób. Student wypełnia Oświadczenie, gdzie oświadcza, że zaliczenie wykonał samodzielnie bez pomocy innych osób. Oświadczenia przesyłane są na adres poczty e-mailowej prowadzącego zajęcia. Każdy student ma prawo do dwóch terminów w ciągu roku akademickiego (sprawdzian i sprawdzian poprawkowy). Zaliczenie wykładu jest oceniane w skali od 0 do 50 punktów. W celu zaliczenia wykładu wymagane jest uzyskanie co najmniej 25,5 punktów. Zaliczenie wykładu jest warunkiem zaliczenia całego przedmiotu.

Laboratorium:
Do udziału w zajęciach laboratoryjnych nie jest wymagane zaliczenie części wykładowej. Laboratorium ma na celu przedstawienie praktycznych aspektów obliczeniowej mechaniki płynów. W trakcie semestru należy wykonać dwa projekty i przedłożyć je do oceny prowadzącemu zajęcia w terminie ustalonym z prowadzącym. Zadania studenci wykonują w zespołach do 5 osób. Zaliczenie odbywa się na podstawie złożonego projektu oraz ustnego kolokwium projektowego, które odbywa się zdalnie na platformie MS Teams. Studenci przystępujący do zaliczania zdalnego zobowiązani są do włączenie kamery oraz mikrofonu. Na prośbę prowadzącego student musi okazać legitymację. Na zaliczenie student powinien znać treść, sposób wykonania oraz zagadnienia teoretyczne stanowiące podstawę wykonania obliczeń projektowych. Za pierwszy projekt można uzyskać maksymalnie 20 punktów a za drugi projekt 30 punkty. Do zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych wymagane jest uzyskanie co najmniej 25,5 punktu. Zaliczenie ćwiczeń laboratoryjnych jest warunkiem przystąpienia do zaliczenia wykładu.

Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnych ocen z części wykładowej i laboratoryjnej. Oceny końcowe z ćwiczeń laboratoryjnych i zaliczenia wykładu są wystawiane wg następujących skali: <50.5 pkt –2,0; 50.5÷60,0 – 3,0; 60,5÷70,0 – 3,5; 70,5÷80,0 –4,0; 80,5÷85,0 –4,5; 90,5÷100,0 – 5,0. Osoby które uzyskają ocenę 4.5 lub większą otrzymają certyfikat potwierdzający ukończenie kursu oprogramowania Ansys. W przypadku nieuzyskania zaliczenia przedmiotu konieczne jest jego powtórzenie w kolejnym cyklu realizacji zajęć, przy czym powtórzeniu podlega jedynie ta część przedmiotu (wykład i/lub laboratorium), z której student nie uzyskał oceny pozytywnej.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Student rozszerza swoją wiedzę o praktyczne zastosowania metod rozwiązywania równań różniczkowych. Umie prawidłowo zdefiniować warunki brzegowe i początkowe tych równań.

Weryfikacja:

sprawdzian pisemny, kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_W01, K2\_W02, K2\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

Student potrafi symulować przebieg wybranych procesów inżynierii chemicznej i procesowej (w tym zjawisk przenoszenia pędu, masy i energii) z wykorzystaniem obliczeniowej mechaniki płynów.

Weryfikacja:

sprawdzian pisemny, kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U2:**

Student potrafi formułować zasady budowy modeli numerycznych na potrzeby wspomagania prac inżynierskich w aplikacjach inżynierii chemicznej i procesowej.

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka U3:**

Student potrafi wykorzystać obliczeniową mechanikę płynów do modelowania pracy reaktorów chemicznych i biochemicznych. Zapoznał się z prawidłową walidacją i weryfikacją rezultatów obliczeń numerycznych.

Weryfikacja:

sprawdzian pisemny, kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka U4:**

Ma przygotowanie niezbędne do pracy w środowisku przemysłowym i kierowania zespołami, potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne funkcje.

Weryfikacja:

referat, sprawozdanie, dyskusja, seminarium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UO, P7U\_U

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KS1:**

Student posiada umiejętność pracy w grupie, wymiany poglądów oraz rozdzielania zadań dotyczących wspólnego projektu. Posiada również świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz za zbiorowo realizowane zadania.

Weryfikacja:

referat, sprawozdanie, dyskusja, seminarium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_K04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KK, I.P6S\_KO, I.P6S\_KR, P6U\_K