**Nazwa przedmiotu:**

Mechanika Płynów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Antoni Rożeń

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1070-IC000-MSP-112

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

1. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu studiów 30
2. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów etc. 9
3. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych etc. -
4. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia etc. 16
Sumaryczny nakład pracy studenta 55

**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:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

brak wymagań

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

1. Nabycie przez studenta umiejętności wykonania analizy przepływów laminarnych i burzliwych oraz obliczenia przepływów.
2. Nabycie przez studenta umiejętności wykonania transformacji równania Naviera-Stokesa.
3. Nabycie przez studenta umiejętności badania stabilności przepływów.
4. Zrozumienie przez studenta podstaw obliczeniowej mechaniki płynów (CFD).
5. Przedstawienie zagadnienia analizy widmowej przepływów burzliwych.
6. Nabycie przez studenta umiejętności wykorzystania mechaniki płynów do opisu procesów inżynierii chemicznej i procesowej.

**Treści kształcenia:**

Wykład
1. Wprowadzenie: mechanika ośrodków ciągłych, efekty lepkości i bezwładności, wizualizacja przepływów, podstawy rachunku tensorowego.
2. Kinematyka, ujęcia Lagrange’a i Eulera.
3. Dynamika, równania bilansowe, masy, pędu i wirowości, transformacje równania Naviera-Stokesa.
4. Przepływy laminarne: rozwiązania analityczne i numeryczne równania Naviera - Stokesa, przepływy pełzające, laminarne warstwy graniczne, niestabilności przepływów lepkich.
5. Przepływy burzliwe: skale ruchu burzliwego, modele statystyczne burzliwości, burzliwość swobodna i ograniczona ścianami, modelowanie i symulacja przepływów burzliwych z wykorzystaniem: modeli półempirycznych, statystyczych (naprężeń Reynolds Stress i innych bazujących na uśrednieniu Reynoldsa, metody PDF).
6. Dynamika widmowa, równanie Naviera-Stokesa w przestrzeni Fouriera problemy zamknięcia w przestrzeni liczb falowych.
7. Modele deterministyczne (DNS, LES), chaos a burzliwość, modele multifraktalne i struktury koherentne.
8. Przykłady zastosowań: agregacja i deaglomeracja, rozpad i koalescencja kropel, problem naprężeń w biotechnologii.

**Metody oceny:**

1. egzamin ustny
2. egzamin pisemny

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. R. Aris, Vectors, Tensors, and the Basic Equations of Fluid Dynamics, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1962.
2. J. Bałdyga, J. R. Bourne, Turbulent Mixing and Chemical Reactions, Wiley, 1999.
3. J. Bukowski, Mechanika Płynów, PWN, 1975
4. J.W. Elsner, Turbulencja Przepływów, PWN, 1987.
5. S. B. Pope, Turbulent Flows, Cambridge University Press, 2000
6. F.S. Sherman, Viscous Flow, McGraw-Hill, 1990
7. H. Walden, Mechanika Płynów, WPW, 1991
8. N.P. Cheremisinoff (editor), Encyclopedia of Fluid Mechanics, Gulf Publishing, 1986.
9. B. Mohammmdi, O. Pironneau, Analysis of the K-Epsilon Turbulence Model, Wiley, 1994.
10. M. Lesieur, Turbulence in Fluids, Kluwer 1995.
11. U. Frisch, Turbulence, Cambridge University Press, 1995.

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

Przedmiot jest realizowany w formie wykładu.
Jeśli zajdzie konieczność przeprowadzenia zajęć wyłącznie metodą zdalną, to zostaną one przeprowadzone na platformie e-learningowej Moodle dostępnej pod adresem https://ekursy.okno.pw.edu.pl/.
Weryfikacja osiągnięcia efektów uczenia się jest dokonywana na podstawie wyniku egzaminu pisemnego.
W letniej sesji egzaminacyjnej wyznaczane są 2 terminy, a w sesji jesiennej - 1 termin egzaminu pisemnego.
Na egzaminie studenci mogą posiadać jedynie klasyczne kalkulatory oraz wydruki materiałów dostarczone przez prowadzącego.
Materiały do wykładów (m.in. prezentacje i formatki z wzorami) są udostępnione do pobrania na platformie e-learningowej.

Egzamin ma charakter pisemny, przy czym student ma prawo przystąpienia do części ustnej na własne żądanie.
Egzamin pisemny trwa 90 minut. Do wykonania jest 8 zadań – każde zadanie punktowane w skali od 0 do 10 punktów. Pozwala to na uzyskanie do 80 punktów z części pisemnej.
Oceny punktowe mogą zostać podwyższone o maksymalnie 8 punktów, lub obniżone stosownie do odpowiedzi studenta, podczas egzaminu ustnego.
Minimalna liczba punktów z egzaminu pisemnego uprawniająca studenta do przystąpienia do egzaminu ustnego wynosi 33 punkty.
Jeśli zajdzie konieczność przeprowadzenia egzaminu pisemnego wyłącznie metodą zdalną, to zostanie on przeprowadzony na platformie e-learningowej.
Jeśli zajdzie konieczność przeprowadzenia egzaminu ustnego wyłącznie metodą zdalną, to zostanie on przeprowadzony za pomocą komunikatora internetowego Skype.
Ocenę końcową z przedmiotu ustala się stosując skalę:
(0,0 – 40,5) 2,0
(41,0 – 48,0) 3,0
(49,0 – 56,0) 3,5
(57,0 - 64,0) 4,0
(65,0 – 72,0) 4,5
(73,0 – 80,0) 5,0
W przypadku niezaliczenia przedmiotu konieczne jest jego powtórzenie w kolejnym cyklu realizacji zajęć.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Ma wiedzę z mechaniki płynów przydatną do zrozumienia zjawisk przepływu w przyrodzie i technice.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, egzamin ustny

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

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

Potrafi modelować przepływy w urządzeniach przemysłowych. Potrafi oceniać stabilność przepływów. Potrafi korzystać z modeli przepływów burzliwych.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, egzamin ustny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U07

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

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KS1:**

W sposób zrozumiały podaje do wiadomości publicznej informacje o inżynierii chemicznej.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, egzamin ustny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_K04

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