**Nazwa przedmiotu:**

Podstawy mechaniki płynów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Antoni Rożen, profesor uczelni

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1070-IC000-ISP-310

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

5

**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. 6
3. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych etc. 14
4. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia etc. 25
Sumaryczny nakład pracy studenta 120

**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: | 45h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 30h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

brak

**Limit liczby studentów:**

minimum 15 osób

**Cel przedmiotu:**

1. Opanowanie przez studentów podstaw teoretycznych głównych działów mechaniki płynów tj.: statyka i kinematyka płynów, dynamika płynu doskonałego i rzeczywistego, elementy dynamiki przepływu płynu ściśliwego.
2. Zapoznanie się studentów z charakterystyką: przepływu laminarnego i burzliwego płynu, przepływu w warstwie przyściennej, przepływu pod- i naddźwiękowego oraz opanowanie podstaw reologii i teorii podobieństwa.
3. Zapoznanie się studentów z budowa, zasadą działania i charakterystyką przyrządów do pomiaru ciśnienia, prędkości i przepływu płynu oraz maszyn przepływowych połączone z opanowaniem metod doboru pomp i armatury.

**Treści kształcenia:**

Wykład
1. Klasyczna definicja płynu. Hipoteza ciągłości. Punkt materialny i element płynu. Siły działające w płynach. Ciśnienie hydrostatyczne. Równania równowagi płynu. Potencjał sił masowych. Powierzchnie ekwipotencjalne. Napór statyczny płynu. Siła wyporu i warunki pływania ciał.
2. Metody opisu ruchu płynów w przestrzeni fizycznej i przestrzeni czasu. Pochodna lokalna i wędrowna. Linia prądu, tor punktu materialnego i linia wysnuta. Równanie ciągłości. Własności lokalnego pola prędkości płynu. Klasyfikacja pól prędkości płynu. Funkcja prądu i potencjał prędkości płynu.
3. Równania Eulera. Równanie Bernoulliego. Przepływ płynu doskonałego przez przewody. Zjawiska kawitacji i udaru hydraulicznego. Napór dynamiczny płynu na ścianki układu.
4. Naprężenia lepkie w płynach rzeczywistych. Podstawowe modele reologiczne płynów. Równania ruchu płynów i równania Naviera-Stokesa. Przepływ płynu lepkiego przez przewody i spływ cieczy po ściankach.
5. Charakterystyka przepływu laminarnego i burzliwego. Hipoteza Reynoldsa i intensywność burzliwości. Uśrednione równania transportu. Naprężenia Reynoldsa. Hipotezy zamykające. Uniwersalny rozkład prędkości płynu.
6. Teoria podobieństwa zjawisk przepływowych. Analiza inspekcyjna i wymiarowa. Moduły podobieństwa dynamicznego.
7. Opory przepływu przez przewody. Uogólnione równanie Bernoulliego.
8. Przepływ w warstwie przyściennej. Opory ruchu ciał w płynie. Przepływ cieczy w mieszalnikach.
9 Budowa, zasada działania i charakterystyka pomp wirowych i wyporowych oraz strumienic. Współpraca pompy z przewodem. Metody pomiaru prędkości i wydatku płynu.
10. Elementy dynamiki płynów ściśliwych.
Ćwiczenia projektowe
1. Projektowanie manometrów cieczowych.
2. Obliczanie rozkładu potencjału sił masowych i ciśnienia statycznego.
3. Wyznaczanie naporu hydrostatycznego na ściany płaskie i zakrzywione. Warunki pływania ciał.
4. Równanie ciągłości i równanie Bernoulliego - obliczenia przepływów i czasu wypływu ze zbiornika.
5. Wyznaczanie naporu dynamicznego płynu na ścianki układu.
6. Rozwiązywanie równań Naviera-Stokesa dla przepływów w układach o prostej geometrii.
7. Uogólnione równanie Bernoulliego - obliczenia spadku ciśnienia i wydatku w przewodach.
8. Analiza wymiarowa - przeliczanie charakterystyk pomp wirowej: wysokościowej i mocy oraz charakterystyki mocy mieszania.
9. Analiza ruchu fazy rozproszonej w płynie oraz projektowanie separatorów hydraulicznych.
10. Projektowanie zwężek i rotametrów.

**Metody oceny:**

1. egzamin pisemny
2. egzamin ustny
3. kolokwium
4. praca domowa
5. seminarium

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. J. Bukowski, Mechanika płynów, PWN, 1975.
2. H. Walden, Mechanika płynów, WPW, 1991.
3. Z. Orzechowski, J. Prywer, R. Zarzycki, Mechanika płynów w inżynierii środowiska, WNT, 1997
4. A. Rożeń, Zbiór zadań z podstaw mechaniki płynów w inżynierii chemicznej i procesowej, OWPW, 2018.
5. C. Gołębiewski, E. Łuczywek, E. Walicki, Zbiór zadań z mechaniki płynów, PWN, 1980
6. Z. Orzechowski, J. Prywer, R. Zarzycki, Zadania z mechaniki płynów w inżynierii środowiska, WNT, 2001.
7. R. Gryboś, Zbiór zadań z technicznej mechaniki płynów, PWN, 2002.
8. C. O. Bennett, J. E. Myers, Przenoszenie pędu, ciepła i masy, WNT, 1967.
9. L.D. Landau, J.M. Lifszyc, Hydrodynamika, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2009.
10. M. Stępniewski, Pompy, WNT, 1978.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

Znajomość podstaw rachunku różniczkowego, całkowego i wektorowego oraz metod rozwiązywania równań różniczkowych. Znajomość praw zachowania pędu, energii i masy oraz podstaw termodynamiki.
Przedmiot jest realizowany w formie wykładu (45 godz.), ćwiczeń projektowych (30 godz.) z zastosowaniem ocen cząstkowych i łącznej oceny końcowej.
Wykład:
Zajęcia są realizowane w formie wykładu. Jeśli w trakcie semestru zajdzie konieczność przeprowadzenia zajęć metodą zdalną, to zostaną one przeprowadzone na platformie e-learningowej Moodle dostępnej pod adresem https://moodle.usos.pw.edu.pl.
Weryfikacja osiągnięcia efektów uczenia się jest dokonywana na podstawie wyniku egzaminu pisemnego i ustnego.
W sesji zimowej wyznaczane są 2 terminy, a w sesji jesiennej - 1 termin egzaminu.
Po zakończeniu wykładów w semestrze zimowym organizowany jest egzamin dodatkowy, nie wliczany do limitu udziału studentów w egzaminach, zwany egzaminem „0”. Do tego egzaminu mogą przystąpić studenci, którzy zaliczyli ćwiczenia projektowe na ocenę co najmniej 3,5 w bieżącym roku akademickim lub w latach ubiegłych.
Podczas egzaminu studenci nie mogą korzystać z żadnych materiałów i urządzeń za wyjątkiem klasycznych kalkulatorów.
Materiały do wykładów (m.in. prezentacje i formatki z wzorami) są udostępnione do pobrania na platformie e-learningowej Moodle.
Ćwiczenia projektowe:
Zajęcia są realizowane w formie ćwiczeń projektowych. Jeśli w trakcie semestru zajdzie konieczność przeprowadzenia zajęć metodą zdalną, to zostaną one przeprowadzone na platformie e-learningowej Moodle dostępnej pod adresem https://moodle.usos.pw.edu.pl.
Uczestnictwo w ćwiczeniach projektowych jest obowiązkowe.
Weryfikacja osiągnięcia efektów uczenia się dla tej części zajęć jest dokonywana na podstawie wyniku zaliczenia dwóch projektów i dwóch sprawdzianów pisemnych.
Terminy wydania, oddania i zaliczenia każdego projektu określa prowadzący ćwiczenia.
Terminy sprawdzianów pisemnych określa prowadzący ćwiczenia.
Materiały do ćwiczeń projektowych (m.in. podstawy teoretyczne, zadania, formatki z wzorami, treść projektów i dane projektowe) są udostępnione do pobrania na platformie e-learningowej Moodle.
Zaliczenie każdego projektu odbywa się na podstawie oceny kompletności i poprawności jego wykonania (50% udział w końcowej punktacji) oraz na podstawie oceny sprawdzianu pisemnego z tematyki projektu (50% udział w końcowej punktacji). Za pierwszy projekt można uzyskać do 8 punktów, a za drugi projekt można uzyskać do 12 punktów.
Każdy sprawdzian pisemny trwa 90 minut. Do wykonania są 2 zadania – każde punktowane od 0 do 5 punktów. Pozwala to na uzyskanie do 10 punktów ze sprawdzianu.
Ocenę końcową z ćwiczeń projektowych ustala się stosując skalę:
(0,0 – 20,0) 2,0
(20,5 – 24,0) 3,0
(24,5 – 28,0) 3,5
(28,5 – 32,0) 4,0
(32,5 – 36,0) 4,5
(36,5 – 40,0) 5,0
W przypadku braku zaliczenia ćwiczeń projektowych student ma prawo przystąpić do zaliczenia poprawkowego w formie sprawdzianu pisemnego z całości materiału objętego programem ćwiczeń projektowych.
Do egzaminu mogą przystąpić studenci, którzy zaliczyli ćwiczenia projektowe w bieżącym roku akademickim lub w latach ubiegłych. Egzamin ma charakter pisemny, przy czym student ma prawo przystąpienia do egzaminu ustnego na własne żądanie.
Minimalna liczba punktów z egzaminu pisemnego uprawniająca studenta do przystąpienia do egzaminu ustnego wynosi 25.
Egzamin pisemny trwa 90 minut. Do wykonania jest 6 zadań – każde zadanie punktowane w skali od 0 do 10 punktów. Pozwala to na uzyskanie do 60 punktów z części pisemnej.
Oceny punktowe mogą zostać podwyższone o maksymalnie 6 punktów lub obniżone, stosownie do odpowiedzi studenta, podczas egzaminu ustnego.
Jeśli zajdzie konieczność przeprowadzenia egzaminu ustnego metodą zdalną, to zostanie on przeprowadzony na platformie MS Teams.
Ocenę końcową z egzaminu ustala się stosując skalę:
(0,0 – 30,5) 2,0
(31,0 – 36,0) 3,0
(36,5 – 42,0) 3,5
(42,5 – 48,0) 4,0
(48,5 – 54,0) 4,5
(54,5 – 60,0) 5,0
Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnych ocen z ćwiczeń projektowych i egzaminu. Wówczas ocenę końcową z przedmiotu wystawia się na podstawie sumy punktów uzyskanych z ćwiczeń projektowych i egzaminu zgodnie ze skalą ocen:
(0,0 – 51,0) 2,0
(51,5 – 60,0) 3,0
(60,5 – 70,0) 3,5
(70,5 – 80,0) 4,0
(80,5 – 90,0) 4,5
(90,5 – 100,0) 5,0
W przypadku niezaliczenia ćwiczeń projektowych lub wykładów wystawia się łączną ocenę końcową 2,0. Wtedy konieczne jest powtórzenie przedmiotu w kolejnym cyklu realizacji zajęć, przy czym w przypadku zaliczenia tylko ćwiczeń projektowych powtórzeniu podlega jedynie egzamin.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Znajomość podstaw teoretycznych mechaniki płynów, metod opisu ruchu płynów, charakterystyki przepływów laminarnego i burzliwego oraz teorii podobieństwa przepływów.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, egzamin ustny, kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_W01, K1\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_WG.o, P6U\_W

**Charakterystyka W2:**

Znajomość budowy, zasady działania i charakterystykę pomp wirowych i wyporowych, mierników ciśnienia, prędkości i przepływu płynu.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, egzamin ustny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

Umiejętność obliczania: naporu płynu na ścianki układu, rozkładu ciśnienia i prędkości płynu w układach o prostej geometrii, wydatku objętościowego płynu, oporów przepływu i zmian ciśnienia płynu w przewodach oraz siły wyporu i oporu ruchu działających na ciała zanurzone w płynie.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, egzamin ustny, kolokwium, praca domowa

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_U01, K1\_U11, K1\_U12, K1\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UK, P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o, I.P6S\_UU

**Charakterystyka U2:**

Umiejętność doboru pompy i podstawowej armatury do rurociągu (np. mierniki ciśnienia/przepływu, zawory) oraz wyznaczenia punktu pracy tej instalacji; umiejętność przeliczenia charakterystyk pracy pomp i mieszalników przy zmianie skali.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, kolokwium, praca domowa

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_U18, K1\_U01, K1\_U11, K1\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o, I.P6S\_UK

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KS1:**

Rozumie potrzebę dokształcania się i podnoszenia swoich kompetencji zawodowych i osobistych.

Weryfikacja:

dyskusja, seminarium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_K01

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