**Nazwa przedmiotu:**

Podstawy mechaniki płynów

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. inż. Antoni Rożen

**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. 2019/2020

**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. 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. dyskusja
6. 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. C. Gołębiewski, E. Łuczywek, E. Walicki, Zbiór zadań z mechaniki płynów, PWN, 1980.
5. Z. Orzechowski, J. Prywer, R. Zarzycki, Zadania z mechaniki płynów w inżynierii środowiska, WNT, 2001.
6. R. Gryboś, Zbiór zadań z technicznej mechaniki płynów, PWN, 2002.
7. C. O. Bennett, J. E. Myers, Przenoszenie pędu, ciepła i masy, WNT, 1967.
8. L.D. Landau, J.M. Lifszyc, Hydrodynamika, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2009.
9. M. Stępniewski, Pompy, WNT, 1978.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

Wykład
Wykład jest prowadzony w semestrze zimowym (15 wykładów po 3 godz.).
Obecność na wykładzie nie jest obowiązkowa.
Weryfikacja osiągnięcia efektów uczenia się jest dokonywana na podstawie wyniku egzaminu pisemnego i ustnego.
Dwa pierwsze terminy egzaminu są wyznaczane w zimowej sesji egzaminacyjnej. Trzeci termin egzaminu jest wyznaczany w sesji jesiennej.
Do egzaminu mogą przystąpić studenci, którzy zaliczyli ćwiczenia projektowe w bieżącym roku akademickim lub w latach ubiegłych.
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 zaliczenia studenci nie mogą korzystać z żadnych materiałów i urządzeń za wyjątkiem klasycznych kalkulatorów.
Warunkiem zaliczenia wykładów jest uzyskanie oceny pozytywnej z egzaminu zgodnie ze skalą ocen: <31 pkt -2; 31-36 pkt -3, 36,5-42 pkt – 3,5; 42,5-48 pkt – 4, 48,5-54 pkt – 4,5; 54,5-60 pkt – 5.
Z części ustnej egzaminu zwolnieni są studenci, którzy uzyskali co najmniej 31 pkt z części pisemnej.
Studenci, którzy uzyskali od 25 do 30,5 pkt z części pisemnej przystępują do egzaminu ustnego, który jest oceniany w skali od 0 do 6 pkt. W takim przypadku punkty uzyskane z obu części egzaminu sumuje się.
Materiały do wykładów (m.in. prezentacje i formatki z wzorami) są udostępnione do pobrania na stronie internetowej WIChiP w dziale materiałów dydaktycznych kierownika przedmiotu.
 Ćwiczenia projektowe
Ćwiczenia projektowe prowadzone są w semestrze zimowym (15 ćwiczeń po 2 godz.).
Obecność na zajęciach jest obowiązkowa.
Dozwolona jest jedna nieobecność nieusprawiedliwiona w semestrze.
Warunkiem usprawiedliwienia nieobecności jest zwolnienie lekarskie.
Weryfikacja osiągnięcia efektów uczenia się dla tej części zajęć jest dokonywana na podstawie wyniku zaliczenia dwóch projektów i dwóch sprawdzianów pisemnych.
Tematy kolejnych zajęć, terminy wydania projektów i skalę punktową za każdy projekt określa „Harmonogram ćwiczeń projektowych”.
Terminy oddania i zaliczenia każdego projektu określa prowadzący ćwiczenia w dniu wydania projektu.
Zaliczenie 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).
Terminy sprawdzianów pisemnych z tematyki omawianej na zajęciach i skalę punktową za każdy sprawdzian określa „Harmonogram ćwiczeń projektowych”.
W przypadku braku zaliczenia ćwiczeń projektowych student ma prawo przystąpić do zaliczenia poprawkowego w formie sprawdzianu pisemnego z całości materiału objętego programem ćwiczeń projektowych.
Termin sprawdzianu poprawkowego określa prowadzący ćwiczenia projektowe.
Warunkiem zaliczenia ćwiczeń projektowych jest uzyskanie oceny pozytywnej zgodnie ze skalą ocen: <20 pkt -2; 20,5-24 pkt -3, 24,5-28 pkt – 3,5; 28,5-32 pkt – 4, 32,5-36 pkt – 4,5; 36,5-40 pkt – 5.
Materiały do ćwiczeń projektowych (m.in. podstawy teoretyczne, zadania, formatki z wzorami, treść projektów i dane projektowe) są udostępnione do pobrania na stronie internetowej WIChiP w dziale materiałów dydaktycznych kierownika przedmiotu.
Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie pozytywnych ocen z ćwiczeń projektowych i egzaminu. Wówczas łączną ocenę końcową z przedmiotu wystawia się na podstawie sumy punktów uzyskanych z ćwiczeń projektowych i egzaminu zgodnie ze skalą ocen:
51,5-60 pkt -3, 60,5-70 pkt – 3,5; 70,5-80 pkt – 4, 80,5-90 pkt – 4,5; 90,5-100 pkt – 5.
W przypadku niezaliczenia ćwiczeń projektowych lub wykładów wystawia się łączną ocenę końcową 2. Wtedy konieczne jest powtórzenie przedmiotu w kolejnym cyklu realizacji zajęć, przy czym w przypadku zaliczenia ćwiczeń projektowych i niezdania egzaminu 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:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o

**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\_WK

### 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\_U21, K1\_U01, K1\_U11, K1\_U12

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

**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\_U01, K1\_U11, K1\_U12, K1\_U18

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

### 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:** P6U\_K, I.P6S\_KK