



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Mechanika płynów II

### Przedmiot

Kierunek studiów

Inżynieria Środowiska II stopień

Studia w zakresie (specjalność)

Zaopatrzenie w ciepło, klimatyzacja i ochrona powietrza

Poziom studiów

drugiego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

1 / 1

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

30

Laboratoria

15

Inne (np. online)

Ćwiczenia

15

Projekty/seminaria

### Liczba punktów ECTS

4

### Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

prof.dr hab.inż. Janusz Wojtkowiak

email: janusz.wojtkowiak@put.poznan.pl

tel. (61) 6652442

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Berdychowo 4, 61-131 Poznań

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr inż. Ilona Rzeźnik

email: ilona.rzeznik@put.poznan.pl

tel (61) 6652524

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Berdychowo 4, 61-131 Poznań

### Wymagania wstępne

1. Wiedza:

Matematyka: rachunek różniczkowy i całkowy, równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe, kombinatoryka i rachunek prawdopodobieństwa, podstawy metod numerycznych, Fizyka, Mechanika płynów.

2. Umiejętności:

Zastosowanie rachunku różniczkowego i całkowego do opisu zjawisk fizycznych, rozwiązywanie równań różniczkowych zwyczajnych, przekształcanie równań różniczkowych cząstkowych, rozwiązywanie równań różniczkowych metodami przybliżonymi



Mechanika płynów: rozwiązywanie zadań i wykonywanie pomiarów.

### 3. Kompetencje społeczne

Świadomość konieczności ciągłego aktualizowania i uzupełniania wiedzy i umiejętności.

#### Cel przedmiotu

Poszerzenie i pogłębienie wiedzy, umiejętności z zakresu mechaniki płynów niezbędnej do rozwiązywania złożonych problemów przepływowych w urządzeniach i systemach inżynierii środowiska zarówno zabudowanego jak i niezabudowanego

#### Przedmiotowe efekty uczenia się

##### Wiedza

1. Student ma uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie działania maszyn przepływowych oraz przepływów płynów w przewodach i armaturze, warunków umożliwiających wprowadzanie uproszczeń w równaniach zachowania masy pędu i energii w mechanice płynów oraz rozumie konsekwencje tych uproszczeń, w zakresie klasyfikacji płynów nienewtonowskich oraz zna wielkości i prawa opisujące przepływy płynów nienewtonowskich (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS2\_W01; KIS2\_W03]
2. Student zna podstawowe prawa i równania opisujące przepływy płynów ściśliwych (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS2\_W01; KIS2\_W03]
3. Student zna i rozumie budowę równań różniczkowych wyrażających zasady zachowania masy, pędu i energii w mechanice płynów (równań numerycznej mechaniki płynów) i zjawisko turbulencji oraz zna matematyczne podstawy jego opisu (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS2\_W01; KIS2\_W03]
4. Student zna zjawiska odpowiedzialne za straty energii w przepływach oraz ma pogłębioną wiedzę w zakresie sposobów ograniczania tych strat (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS2\_W01; KIS2\_W03]
5. Student zna podstawy komputerowej mechaniki płynów (CFD), ma świadomość zalet i ograniczeń komputerowej symulacji przepływów metodami CFD, zna i rozumie konieczność weryfikacji i walidacji wyników obliczeń (uzyskane na wykładach) - [KIS2\_W01; KIS2\_W03]

##### Umiejętności

1. Student potrafi świadomie stosować uproszczenia w równaniach opisujących złożone przepływy płynów (w równaniach numerycznej mechaniki płynów) i przewidywać ich konsekwencje (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS2\_U03; KIS2\_U04]
2. Student umie obliczyć charakterystyki przepływowe złożonych układów i instalacji z uwzględnieniem wpływ ściśliwości płynu (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach audytoryjnych) - [KIS2\_U03; KIS2\_U04]



3. Student potrafi eksperymentalnie wyznaczyć charakterystyki przepływowe pomp i wentylatorów oraz zaworów regulacyjnych i armatury stosowanych w systemach inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [KIS2\_U03; KIS2\_U04]

4. Student ma umiejętność doświadczalnego zbadania struktury złożonego przepływu techniką laserową (LDA) (uzyskane na ćwiczeniach laboratoryjnych) - [KIS2\_U03; KIS2\_U04]

5. Student potrafi zaplanować i wyznaczyć doświadczalnie charakterystykę złożonego układu przepływowego (uzyskane na wykładach i ćwiczeniach laboratoryjnych) - [KIS2\_U03; KIS2\_U04]

#### Kompetencje społeczne

1. Student rozumie potrzebę pracy zespołowej w rozwiązywaniu problemów teoretycznych i praktycznych (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS2\_K03]

2. Student ma świadomość konieczności przystępnego dzielenia się wiedzą specjalistyczną z zakresu mechaniki płynów w inżynierii środowiska (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS2\_K03]

3. Student widzi konieczność systematycznego pogłębiania i rozszerzania swoich kompetencji (uzyskane na wykładach, ćwiczeniach audytoryjnych i laboratoryjnych) - [KIS2\_K03]

#### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

##### Wykłady:

Dwuczęściowy egzamin pisemny w terminie podanym na początku semestru. Część 1. ma na celu sprawdzenie wiedzy i polega na udzieleniu odpowiedzi na 4 pytania. Część 2. Ma na celu sprawdzenie umiejętności i polega na rozwiązaniu 2 zadań rachunkowych.

W przypadkach wątpliwych egzamin rozszerzany jest o część ustną.

Na każdym wykładzie oceniana jest aktywność studentów.

Szczegółowe kryteria punktowe i skala ocen podawane są na pierwszych zajęciach w semestrze i przed egzaminem.

##### Ćw. audytoryjne:

80-minutowe pisemne kolokwium zaliczeniowe w ostatnim tygodniu semestru. Kolokwium polega na rozwiązaniu 2 zadań.

Ocenianie poprawności samodzielnych rozwiązań zadań (praca własna studenta).

Ocenianie ciągłe na każdych zajęciach (premiowanie aktywności).

##### Ćwiczenia laboratoryjne:

Kolokwium obejmujące tematy wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych na drugim spotkaniu.



Ocena pisemnych sprawozdań z każdego z ćwiczeń.

Ocenianie ciągle na każdych zajęciach (premiowanie aktywności).

Warunkiem zdania każdej z dwóch części egzaminu oraz uzyskania zaliczenia z ćwiczeń audytoryjnych jest zdobycie minimum 50% z maksymalnej liczby punktów wynoszącej 20. Warunkiem zdania egzaminu jest uzyskanie pozytywnej oceny zarówno z cz. 1 jak i z cz. 2. Poprawiana jest tylko ta część egzaminu, która została niezdana.

Skala ocen:

0-9 pkt = 2,0

10-12 pkt = 3,0

13-14 pkt = 3,5

15-16 pkt = 4,0

17-18 pkt = 4,5

19-20 pkt = 5,0

### Treści programowe

Kinematyka układów łopatkowych maszyn przepływowych. Prędkość bezwzględna, względna i unoszenia, trójkąty prędkości. Moce, wydajności i sprawności maszyn przepływowych w ujęciu kinematycznym.

Przepływy gazów z dużymi prędkościami. Adiabatyczny przepływ gazu w przewodzie o stałym przekroju

Entalpia całkowita, statyczna i dynamiczna, parametry krytyczne liczba Macha. Wpływ pomijania ściśliwości gazu na dokładność obliczeń przepływowych.

Zasada zachowania masy w mechanice płynów, w ujęciu różniczkowym. Postać ogólna równania. Szczególne przypadki równania zachowania masy.

Równania zachowania pędu w mechanice płynów, w ujęciu różniczkowym. Postać ogólna równań, tensor naprężeń stycznych, związek pomiędzy ciśnieniem płynu i składowymi naprężeń normalnych w płynie. Postać równań dla płynu newtonowskiego oraz szczególne przypadki.

Równanie zachowania energii w mechanice płynów, w ujęciu różniczkowym. Postać ogólna równania, problem lepkiej dyssypacji. Szczególne przypadki

Turbulencja. Prędkość średnia, fluktuacje prędkości, skala turbulencji, intensywność turbulencji.

Naprężenia turbulentne, lepkość turbulentna. Energia kinetyczna turbulencji. Szybkość dyssypacji energii kinetycznej turbulencji. Wybrane modele turbulencji. Równania Reynoldsa. Podstawy CFD.



Podstawy mechaniki płynów nienewtonowskich. Modele reologiczne, Formuła Wael'a-Ostwald, charakterystyki płynięcia. Metodyka obliczeń strat ciśnienia dla ustalonych przepływów w przewodach prostych, współczynnik tarcia, uogólniona liczba Reynoldsa.

Tematy ćwiczeń laboratoryjnych:

Pomiar pola prędkości cieczy techniką LDA

Pomiar charakterystyki wentylatora

Pomiar charakterystyki przepływowej zaworu regulacyjnego

### **Metody dydaktyczne**

Wykład informacyjny z elementami wykładu konwersacyjnego. Prezentacja multimedialna, ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy

Ćwiczenia audytoryjne: metoda problemowa, rozwiązywanie zadań.

Ćwiczenia laboratoryjne: metoda eksperymentu, wykonanie zadań podanych przez prowadzącego - ćwiczenia praktyczne

### **Literatura**

Podstawowa

1. Mitosek M., Mechanika płynów w inżynierii i ochronie środowiska. Warszawa, PWN 2001
2. Orzechowski Z., Prywer J., Zarzycki R., Mechanika płynów w inżynierii środowiska. Wyd. 2 zmienione. Warszawa, WNT 2001
3. Jeżowiecka-Kabsch K., Szewczyk H., Mechanika płynów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001
4. Mitosek M., Matlak M., Kodura A., Zbiór zadań z hydrauliki dla inżynierii i ochrony środowiska. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2004
5. Orzechowski Z., Prywer J., Zarzycki R., Zadania z mechanika płynów w inżynierii środowiska. Warszawa, WNT 2001
6. Bogusławski L. (Red.), Ćwiczenia laboratoryjne z mechaniki płynów. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1999
7. Niełacny M., Ćwiczenia laboratoryjne z mechaniki płynów. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1996

Uzupełniająca

1. Munson B.R., Young D.F., Okiishi T.H., Fundamentals of Fluid Mechanics (4rd. Ed.). John Wiley and Sons Inc., New York 2002



2. White F.M., Fluid Mechanics. McGrawHill Book Company. 5th Int. Ed. Boston 2003

**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	100	4
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	60	2,5
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwίων/egzaminu) <sup>1</sup>	40	1,5

<sup>1</sup> niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności