



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Komputerowa mechanika płynów [S1Mech2>KMP]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Mechatronika

Rok/Semestr  
3/5

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
stacjonarne

Wymagalność  
obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład  
15

Laboratorium  
30

Inne  
0

Ćwiczenia  
0

Projekty/seminaria  
0

### Liczba punktów ECTS

3,00

### Koordynatorzy

dr hab. inż. Witold Stankiewicz  
witold.stankiewicz@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Student ma podstawową wiedzę z grafiki komputerowej i systemów CAD, podstaw programowania i MES (metody elementów skończonych) w zakresie niezbędnym dla zrozumienia zasady działania oprogramowania i przeprowadzenia obliczeń przepływowych. Potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, wyciągać wnioski, formułować i uzasadniać opinie. Potrafi posłużyć się popularnym systemem obliczeniowym MES do przeprowadzenia prostej symulacji numerycznej zjawisk opisanych układem równań różniczkowych, uwzględniającej dyskretyzację przestrzeni.

### Cel przedmiotu

Wprowadzenie do komputerowej mechaniki płynów z zakresu prowadzenia symulacji przepływowych dla wybranych konstrukcji. Nabycie praktycznej wiedzy i umiejętności posługiwania się specjalistycznym oprogramowaniem.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

Absolwent posiada podstawową, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu mechaniki płynów i komputerowej mechaniki płynów.

Posiada wiedzę na temat klasyfikacji przepływów oraz możliwości ich modelowania .  
Posiada wiedzę z zakresu metod numerycznych wykorzystywanych w komputerowej mechanice płynów.

#### Umiejętności:

Potrafi modelować przepły płynu wykorzystując wybrane komercyjne oprogramowanie oraz analizować, wizualizować i krytycznie oceniać uzyskane wyniki.

Potrafi wykorzystać inżynierskie metody i narzędzia informatyczne do formułowania i rozwiązywania zadań.

Potrafi stosować zdobytą wiedzę z matematyki we wszystkich najważniejszych obszarach mechatroniki, w szczególności do formułowania równań opisujących przepływ cieczy i gazów.

Potrafi przetwarzać dane z symulacji CFD z wykorzystaniem zewnętrznego oprogramowania, w tym języka Python.

Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i wyciągać wnioski.

#### Kompetencje społeczne:

Rozumie konieczności samokształcenia związanego z rozwojem techniki.

Ma umiejętność samokształcenia się.

Zrozumie społeczne i systemowe skutki działalności inżynierskiej.

Zrozumie znaczenia pracy zespołowej.

Jest gotów do uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych oraz zasięgania opinii ekspertów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu.

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wiedza nabyta w ramach wykładu jest weryfikowana na podstawie pisemnego testu.

Laboratoria komputerowe zaliczane są na podstawie indywidualnie wykonanych ćwiczeń laboratoryjnych / projektowych.

### Treści programowe

Właściwości płynów. Kinematyka płynów. Analiza różnicowa przepływu płynów. Podstawowe równania przepływu. Klasyfikacja przepływu ze względu na wybrane kryteria. Analiza wymiarowa i modelowanie. Wprowadzenie do numerycznej mechaniki płynów.

Zajęcia praktyczne obejmują zastosowanie omawianych treści w wybranym komercyjnym/otwartoźródłowym oprogramowaniu używanym w przemyśle.

### Tematyka zajęć

Podstawowe równania opisujące przepływ płynu. Równania Eulera, Naviera-Stokesa. Przepływy laminarne i turbulenty, ściśliwe i nieściśliwe. Lepkość. Podobieństwo przepływów. Liczba Reynoldsa.

Wprowadzenie do numerycznej mechaniki płynów, Omówienie podstawowych założeń i metod modelowania przepływów. Modele DNS, LES i RANS. Modelowanie turbulencji.

Omówienie równań rządzących, sformułowanie FVM/MOS.

Warstwa przyścienna. Problem generacji i jakości przepływowych siatek obliczeniowych. Parametr  $y^+$ . Metody overset (nakładających się siatek).

Opory przepływu i siła nośna. Wyznaczanie sił aerodynamicznych. Współczynniki  $C_D$  i  $C_L$ .

Analiza, wizualizacja i interpretacja wyników symulacji.

Obliczenia niestacjonarne. Dobór wielkości kroku czasowego. Warunek CFL.

Przetwarzanie danych z symulacji CFD z użyciem języka Python. Wykorzystanie analizy modalnej, w tym analizy składowych głównych (PCA), do identyfikacji i analizy struktur koherentnych w przepływach.

Wizualizacja wirów. Wirowość, kryteria  $Q$  i  $\lambda_2$ . Linie prądu i tory cząstek.

Podstawowe aspekty modelowania oddziaływań płyn-struktura. Aerosprężystość. Ruchoma geometria.

Sformułowanie ALE. Interpolacja danych, deformacja siatek przepływowych.

Podstawowe aspekty modelowania przepływów wielofazowych.

### Metody dydaktyczne

Wykład informacyjny/problemowy: prezentacja multimedialna ilustrowana przykładami podawanymi na

tablicy, studium przypadku. Laboratorium komputerowe z elementami projektu.

## Literatura

Podstawowa:

T. J. Chung: Computational Fluid Dynamics. Cambridge University Press 2002  
Y. A. Çengel, J. M. Cimbala: Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications. McGraw-Hill 2014  
J.Tu, G.H. Yeoh, C. Liu: Computational Fluid Dynamics: A Practical Approach. Burlington, MA: Elsevier, 2024.

Uzupełniająca:

O.C. Zienkiewicz: Metoda Elementów Skończonych. WNT Warszawa 1977  
B.R. Noack, W. Stankiewicz, M. Morzyński, P.J. Schmid: Recursive dynamic mode decomposition of transient and post-transient wake flows. Journal of Fluid Mechanics 809, 2016. pp. 843-872  
R. Roszak, M. Rychlik, W. Stankiewicz, K. Kotecki, H. Hausa, M. Morzyński, M. Nowak: Metoda numerycznej analizy aerosprężystości. Prace Instytutu Lotnictwa, 11 (220), 2011. pp. 148-160.  
[www.youtube.com/@fluidmechanics101](http://www.youtube.com/@fluidmechanics101)

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	75	3,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	45	2,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	30	1,00