**Nazwa przedmiotu:**

Modelowanie inżynierskie

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. Krzysztof Chełmiński

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Matematyka

**Grupa przedmiotów:**

Wspólne

**Kod przedmiotu:**

1120-MAMNT-NSP-0121

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

6

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

1. godziny kontaktowe – 95 h; w tym
a) obecność na wykładach – 30 h
b) obecność na ćwiczeniach – 30 h
c) obecność na laboratoriach – 30 h
d) konsultacje – 5 h
2. praca własna studenta – 55 h; w tym
a) zebranie i opracowanie materiału do pracy projektowej – 25 h
b) zapoznanie się z literaturą – 5 h
c) przygotowanie prezentacji – 10 h
d) przygotowanie do ćwiczeń i zaliczenia – 15 h
Razem 150 h, co odpowiada 6 pkt. ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

a) obecność na wykładach – 30 h
b) obecność na ćwiczeniach – 30 h
c) obecność na laboratoriach – 30 h
d) konsultacje – 5 h
Razem 95 h, co odpowiada 4 pkt. ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

a) obecność na laboratoriach – 30 h
b) zebranie i opracowanie materiału do pracy projektowej – 25 h
Razem 55 h, co odpowiada 2 pkt. ECTS

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 30h |
| Ćwiczenia: | 30h |
| Laboratorium: | 30h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Brak

**Limit liczby studentów:**

Bez limitu

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie studentów z inżynierskimi zastosowaniami matematyki

**Treści kształcenia:**

Część 1. Matematyka w teorii konstrukcji
1. Matematyka z inżynierskiego punktu widzenia.
2. Identyfikacja problemów matematycznych w zagadnieniach inżynierskich.
3. Przegląd wybranych problemów zastosowań inżynierskich matematyki.
4. Zastosowania Metody Elementów Skończonych (MES).
5. Model przemieszczeniowy MES.
6. Modele mieszane MES.
Część 2. Modelowanie złożonych układów dynamicznych
1. Wprowadzenie do języków modelowania układów dynamicznych.
2. Układy równań różniczkowo-algebraicznych o wyższym indeksie. Procedura inicjalizacji układu równań różniczkowo-algebraicznych.
3. Równania sprzężone dla uwikłanego układu równań różnicowych.
4. Analiza wrażliwościowa układu równań różniczkowo-algebraicznych.
5. Język modelowania układów dynamicznych Modelica.
Część 3. Wprowadzenie do obliczeniowej mechaniki płynów
1. Nieliniowe równania hiperboliczne i powstawanie nieciągłości rozwiązania (np. fal uderzeniowych), rozwiązania słabe i szybkość propagacji nieciągłości, zagadnienie Riemanna i trwałość nieciągłości, sformułowanie zachowawcze i niezachowawcze.
2. Dyskretyzacja nieliniowych równań hiperbolicznych (zachowanie 16 schematów klasycznych), twierdzenie Godunova i schematy monotoniczne.
3. Wariacyjne sformułowanie zagadnienia początkowo-brzegowego dla równania Stokesa i Navera-Stokesa. Warianty warunków zasadniczych i naturalnych.
4. Dyskretyzacja zagadnienia uogólnionego dla równań Stokesa i Naviera-Stokesa metodą elementów skończonych i spektralnych elementów skończonych, warunek LBB i jego znaczenie, właściwości i metody rozwiązywania zagadnień algebraicznych otrzymanych w wyniku dyskretyzacji, metoda Operator-Integration-Factor-Splitting.
5. Analiza numeryczna wybranych przypadków ruchu płynu w środowisku MATLAB z wykorzystaniem QuickerSim CFD toolbox (wersja niekomercyjne) - ćwiczenia laboratoryjne.

**Metody oceny:**

Ocena z każdej części przedmiotu składa się z ocen cząstkowych:
1. oceny z wykładu i ćwiczeń seminaryjnych (aktywność na zajęciach, prezentacja przydzielonego fragmentu materiału, sprawozdania z zadań),
2. oceny z laboratorium (zaangażowanie i wyniki pracy bieżącej, sprawozdania).
Ocena końcowa stanowi średnią z ocen z każdej części (z zaokrągleniem do najbliższej oceny określonej Regulaminem Studiów PW).

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. M. Tiller, Introduction to physical modeling with Modelica, Springer, wyd. 2004.
2. E. Hairer, C. Lubich, G. Wanner, Geometric numerical integration: structure preserving algorithms for ordinary differential equations, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2002.
3. E. Hairer, C. Lubich and M. Roche, The Numerical solution of differential-algebraic equations by Runge-Kutta methods, Lecture Notes in Mathematics, Vol. 1409, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1989.
4. R. Pytlak, Numerical methods for optimal control problems with state constraints, Lecture Notes in Mathematics 1707, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1999.
5. P. Fritzson, Principles of object-oriented modeling and simulation with Modelica 3.3: a cyber-physical approach, Wiley-IEEE Press, Piscataway, NJ, 2015.
6. Randall J. Le Veque: Numerical Methods for Conservation Laws, Second Edition. Springer Basel AG, 1992.
7. Alfio Quarteroni, Alberto Valli: Numerical Approximation of Partial Differential Equations. Springer-Verlag, 1994.
8. L. Quartapelle: Numerical Solution of the Incompressible Navier-Stokes Equations. Springer Basel AG, 1993.
9. M.O. Deville,P.F. Fisher, E.H. Mund: High-order methods for incompressible fluid flow. Cambridge University Press, 2002.
10. David A. Kopriva: Implementing Spectral Methods for Partial Differential Equations. Algorithms for Scientists and Engineers. Springer 2009.
11. C. Pozdrikidis: Introduction to finite and spectra element methods using MATLAB, 2nd Ed. CRC Press, 2014.
12. Volker John: Finite element methods for incompressible flow problems. Springer, 2016.
13. CFD Toolbox (MATLAB toolbox dostarczany przez QuickerSim, wersja niekomercyjna, http://www.quickersim.com/)

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka MI\_W01:**

Zna i rozumie podstawowe pojęcia stosowane w wybranych naukach inżynierskich.

Weryfikacja:

aktywność na zajęciach, sprawozdania z ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M2\_W01, M2MNT\_W04, M2MNT\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MI\_W02:**

Zna przykładowe zastosowania matematyki w inżynierii.

Weryfikacja:

aktywność na zajęciach, sprawozdania z ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M2\_W02, M2MNT\_W01, M2MNT\_W02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MI\_W03:**

Zna podstawy wiedzy w zakresie właściwości i metod rozwiązywania współczesnych problemów inżynierskich.

Weryfikacja:

aktywność na zajęciach, sprawozdania z ćwiczeń

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M2\_W01, M2MNT\_W01, M2MNT\_W02, M2MNT\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka MI\_U01:**

Umie wyszukać i opracować informacje na temat złożonych problemów fizycznych.

Weryfikacja:

prezentacja przydzielonego fragmentu materiału, sprawozdania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M2\_U01, M2MNT\_U02, M2MNT\_U04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MI\_U02:**

Umie zastosować algorytmy obliczeniowe (w wybranych językach programowania) w zadaniach inżynierskich.

Weryfikacja:

prezentacja przydzielonego fragmentu materiału, sprawozdania

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M2MNT\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka MI\_K01:**

Potrafi pracować w grupie.

Weryfikacja:

sprawozdania z przydzielonych zadań

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M2\_K01, M2MNT\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka MI\_K02:**

Rozumie proces postępu w dziedzinach modelowania złożonych problemów fizycznych oraz konieczność ciągłego samokształcenia.

Weryfikacja:

sprawozdania z przydzielonych zadań

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** M2MNT\_K01, M2\_K01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**