**Nazwa przedmiotu:**

Metody komputerowe (obliczeniowe) w budownictwie

**Koordynator przedmiotu:**

R.Robert Gajewski, prof. dr hab. inż.

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Budownictwo

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1080-BUBZR-MSP-0401

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

Razem 100 godz. = 4 ECTS:
obecność na zajęciach laboratoryjnych (ćwiczeniach) 30,
obecność na wykładach 15,
przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 5,
przygotowanie do sprawdzianów 5,
wykonanie prac projektowych 20.

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

Razem 55 godz. = 2,5 ECTS:
obecność na zajęciach laboratoryjnych (ćwiczeniach) 30,
obecność na wykładach 15,
konsultacje wykonywania prac projektowych 10 h.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

Razem 65 godz. = 3 ECTS:
obecność na zajęciach laboratoryjnych (ćwiczeniach) 30,
przygotowanie do zajęć laboratoryjnych 5,
przygotowanie do sprawdzianów 10,
wykonanie prac projektowych 20.

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 15h |
| Ćwiczenia: | 30h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawy algebry i analizy matematycznej (znajomość rachunku macierzowego i różniczkowego).
Podstawy arkusza kalkulacyjnego w tym Soler'a.
Podstawy fizyki budowli (równanie przepływu ciepła).

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie z ogólnymi zagadnieniami teorii modelowania, pojęciami modelu matematycznego i fizycznego oraz błędami powstającymi na rożnych etapach procesu modelowania.
Zdobycie podstawowej j wiedzy w zakresie optymalizacji zagadnień inżynierskich i matematycznego modelowania tych problemów.
Zapoznanie z teoretycznymi podstawami metod przybliżonego rozwiązywania problemów brzegowych (Metoda Elementów Skończonych) na przykładzie zagadnienia stacjonarnego i niestacjonarnego przepływu ciepła.
Zapoznanie z teoretycznymi i praktycznymi problemami modelowania i symulacji trójwymiarowych zagadnień transportu ciepła i masy (Computational Fluid Dynamics) oraz obliczania energii budynku.
Przekazanie wiedzy dotyczącej prawidłowego wykorzystania oprogramowania oraz umiejętności oceny i weryfikacji wyników obliczeń komputerowych.

**Treści kształcenia:**

Elementy modelowania matematycznego, ogólne zagadnienia teorii modelowania. Matematyczny i numeryczny model problemu fizycznego. Błędy modelowania.
Wprowadzenie do zagadnień optymalizacji . Analityczne metody optymalizacji funkcji wielu zmiennych - metody Lagrange’a, Kuhna – Tuckera. Zagadnienia programowania liniowego i programowania całkowitoliczbowego w tym zadania optymalizacji dyskretnej. Problematyka konstrukcji modeli matematycznych dla zagadnień optymalizacyjnych, w szczególności dla trudnych problemów optymalizacji dyskretnej, oraz algorytmów dokładnych i przybliżonych służących do ich rozwiązywania. Podstawy optymalizacji konstrukcji inżynierskich. Algorytmy genetyczne i ewolucyjne. Wykorzystanie dodatku Solver.
Teoretyczne podstawy modelowania i dyskretyzacji ośrodków ciągłych. Interpolacja, aproksymacja i ekstrapolacja. Sformułowanie lokalne i globalne zagadnień brzegowych; klasyfikacja metod przybliżonego rozwiązywania; klasyczna metoda różnic skończonych; metoda Ritza i residuów ważonych. Podstawy metody elementów skończonych – stopnie swobody, funkcje kształtu, macierz sztywności elementu, transformacja do układu globalnego, elementy izoparametryczne i całkowanie numeryczne, agregacja macierzy sztywności, uwzględnienie warunków brzegowych; wpływ dyskretyzacji na dokładność obliczeń, kryteria zbieżności metody elementów skończonych; podstawy technik adaptacyjnych. Analiza zadań dwuwymiarowych: ustalony przepływ ciepła.
Analiza niestacjonarnego przepływu ciepła. Rozwiązania analityczne dla zagadnień 1D. Numeryczne algorytmy całkowania po czasie - metody jawne i niejawne. Podstawy mechaniki płynów. Dwuwymiarowe zagadnienie Computational Fluid Dynamics. Tworzenie modelu, obliczenia, interpretacja wyników. Zagadnienia 3D. Symulacja zagadnienia dziennego i rocznego zapotrzebowania budynku na energię.

**Metody oceny:**

Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest zdobycie min. 50% punktów zarówno z części teoretycznej (wykład) jak i praktycznej (ćwiczenia).
Wiedza teoretyczna oceniana jest na podstawie sprawdzianów testowych.
Umiejętność modelowania skończenie elementowego i posługiwania się programami MES, rozwiązywania zadań optymalizacyjnych oraz posługiwania się oprogramowaniem wspomagającym projektowanie energooszczędne oceniana jest na podstawie trzech projektów (prac domowych).

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Metody numeryczne, Z. Fortuna, B. Macukow, J. Wąsowski, WNT, 2001.
2. Metoda elementów skończonych, O.C. Zienkiewicz, Arkady, 1972.
3. Metody komputerowe w inżynierii lądowej, D. Olędzka, M. Witkowski, K. Żmijewski, Wyd. PW, 1992.
4. Teoria i metody obliczeniowe optymalizacji, W. Findeisen, J. Szymanowski, A. Wierzbicki, PWN, 1977.
5. Fizyka Budowli, S. Grabarczyk, OW PW, 2005.
6. Metody obliczeniowe w budownictwie zrównoważonym, R.R. Gajewski, OW PW, 2012
7. Ćwiczenia z metod obliczeniowych w budownictwie zrównoważonym, R.R. Gajewski, OW PW, 2013.

**Witryna www przedmiotu:**

http://pele.il.pw.edu.pl/moodle/course/view.php?id=47

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Zna teoretyczne podstawy działania programów MES i modelowania konstrukcji prętowych oraz zagadnienia stacjonarnego przepływu ciepła. Zna teoretyczne podstawy optymalizacji w zakresie programowania liniowego oraz optymalizacji konstrukcji inżynierskich.

Weryfikacja:

Sprawdziany testowe z wykładów

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_W01, K2\_W04, K2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_W, I.P7S\_WG.o, III.P7S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

Potrafi zbudować model obliczeniowy niestacjonarnego przepływu ciepła wykorzystujący CFD a także analizować zapotrzebowanie na energię budynku.

Weryfikacja:

Prace projektowe.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U01, K2\_U03, K2\_U19\_BZ

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

**Charakterystyka U2:**

Potrafi zbudować model obliczeniowy dla zagadnienia stacjonarnego przepływu ciepła i dokonać weryfikacji wyników obliczeń.

Weryfikacja:

Prace projektowe.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U01, K2\_U19\_BZ, K2\_U12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, I.P7S\_UU

**Charakterystyka U3:**

Potrafi zbudować model obliczeniowy dla zagadnienia optymalizacji dla zadań programowania liniowego i optymalizacji konstrukcji.

Weryfikacja:

Prace projektowe.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_U19\_BZ, K2\_U01, K2\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_U, I.P7S\_UW.o, III.P7S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K1:**

Potrafi pracować samodzielnie i w zespole. Ma świadomość konieczności samokształcenia. Potrafi komunikatywnie prezentować wyniki własnych prac.

Weryfikacja:

Aktywność na zajęciach.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K2\_K04, K2\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P7U\_K, I.P7S\_KK, I.P7S\_KO