**Nazwa przedmiotu:**

Metody numeryczne w wymianie ciepła

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Jerzy Banaszek

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Energetyka

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NK347

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

Liczba pracy studenta - 75 godzin, obejmuje:
1) 55 godzin kontaktu bezpośredniego, w tym:
a) udział w wykładach - 30 godzin,
b) udział w laboratoriach - 15 godzin,
c) udział w konsultacjach - 10 godzin.
2) 20 godzin pracy własnej poświęconej poszerzeniu wiedzy teoretycznej z wykorzystaniem zalecanej literatury oraz ćwiczeniom komputerowym dla poznania działania komercyjnych kodów symulacji zagadnień mechaniki płynów i wymiany ciepła w zastosowaniach inżynierskich.

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

 2,2 punktu ECTS - 55 godzin kontaktu bezpośredniego, w tym:
a) wykłady - 30 godzin,
b) laboratoria - 15 godzin,
c) konsultacje - 10 godzin.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1,4 punktu ECTS - 35 godzin, obejmuje :
1) 15- godzin pracy laboratorium,
2) 10 - konsultacje przy programie komputerowym,
3) 10 godzin pracy własnej - praca w laboratorium komputerowym.

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

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

**Wymagania wstępne:**

**Limit liczby studentów:**

90

**Cel przedmiotu:**

Znajomość podstaw współczesnych technik symulacji komputerowej zagadnień mechaniki płynów i wymiany ciepła (metod objętości kontrolnych i elementów skończonych) oraz umiejętność ich zastosowania w modelowaniu wybranych zagadnień inżynierskich przy wykorzystaniu wybranego komercyjnego kodu komputerowego (Ansys Fluent).

**Treści kształcenia:**

Wykład:
1. Od rzeczywistości do jej symulacji komputerowej - etapy budowy modelu.
2. Model matematyczny ruchu płynu nieściśliwego i wymiany ciepła – całkowe i różniczkowe równania zachowania.
3. Metody dyskretyzacji obszaru geometrycznego.
4. Przegląd współczesnych metod numerycznych mechaniki płynów i wymiany ciepła – Metoda Objętości Kontrolnych (MOK), Metoda Elementów Skończonych (MES).
5. Modelowanie ustalonej i nieustalonej dyfuzji na siatkach objętości kontrolnych i elementów skończonych.
6. Modelowanie konwekcyjno-dyfuzyjnego transportu wielkości polowej – techniki pod prąd w modelach MOK i MES.
7. Analiza dokładności modelu numerycznego – zgodność, stabilność, zbieżność, ocena dokładności na siatkach o umiarkowanych gęstościach.
8. Przegląd algorytmów obliczeniowych metod MOK i MES w zagadnieniach konwekcji płynu nieściśliwego.
9. Przegląd metod rozwiązania układów liniowych równań algebraicznych.
10. Wprowadzenie do modelowania turbulencji.
11. Ocena wiarygodności symulacji komputerowej zagadnień ruchu płynu i wymiany ciepła – weryfikacja i walidacja obliczeń, przykłady.
Laboratorium komputerowe:
1. Wprowadzenie do obsługi programu ANSYS GAMBIT - tworzenie geometrii obszaru dwuwymiarowego, strukturalnych i niestrukturalnych siatek objętości kontrolnych, typów warunków brzegowych, typów obszarów, wykorzystanie zaawansowanych funkcji do lokalnego zagęszczania siatki.
2. Wprowadzenie do obsługi programu ANSYS FLUENT - wczytywanie i diagnostyka siatki, warunki brzegowe i początkowe, własności materiałowe, ustawienia solvera, graficzna prezentacja wyników, UDF (User Defined File).
3. Przykłady modelowania w kodzie Fluent: termiczna konwekcja swobodna w kostce, promieniowanie cieplne, konwekcja termiczno – stężeniowa w kostce, konwekcja swobodna w ośrodku porowatym, wymiana ciepła w łopatce turbiny.

**Metody oceny:**

Końcowa ocena jest sumą 70% oceny z testu teoretycznego z zakresu wykładu oraz 30% testu praktycznego z zajęć laboratoryjnych.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. C. Hirsch, „Numerical Computation ofIinternal and External Flows”, second edition, Elsevier, Amsterdam, 2007.
2. S.V. Patankar, „Numerical Heat Transfer and Fluid Flow”, Mc Graw-Hill, 1980.
3. H.K. Versteeg and W. Malalasekera, “An Introduction to Computational Fluid Dynamics, The Finite Volume Method”, second edition, Pearson Prentice House, London, 2007.
4. O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor & P. Nithiarasu, „The Finite Element Method for Fluid Dynamics, Sixth Edition”, Elsevier, Amsterdam, 2005.
Dodatkowa literatura:
1. J. Szargut, et. al., „Modelowanie numeryczne pól temperatury”, WNT, 1992.
2. R.W. Ledwis, P. Nithiarasau and K.N. Seetharamu, „Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow”, John Wiley & Sons, Chichester, 2004.
3. Materiały w formie slajdów (pliki pdf) dostarczone przez wykładowcę.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NK347\_W1:**

 Rozumie podstawowe założenia, zalety i ograniczenia symulacji komputerowej procesów przepływowych i wymiany ciepła.

Weryfikacja:

 Test teoretyczny na koniec semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W1:**

 Rozumie podstawowe założenia, zalety i ograniczenia symulacji komputerowej procesów przepływowych i wymiany ciepła.

Weryfikacja:

 Test teoretyczny na koniec semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W1:**

 Rozumie podstawowe założenia, zalety i ograniczenia symulacji komputerowej procesów przepływowych i wymiany ciepła.

Weryfikacja:

 Test teoretyczny na koniec semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W2:**

 Zna podstawy współczesnych metod modelowania numerycznego zagadnień mechaniki płynów i wymiany ciepła, w tym: w szczególności metod objętości kontrolnych i elementów skończonych.

Weryfikacja:

Test teoretyczny na końcu semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W2:**

 Zna podstawy współczesnych metod modelowania numerycznego zagadnień mechaniki płynów i wymiany ciepła, w tym: w szczególności metod objętości kontrolnych i elementów skończonych.

Weryfikacja:

Test teoretyczny na końcu semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W2:**

 Zna podstawy współczesnych metod modelowania numerycznego zagadnień mechaniki płynów i wymiany ciepła, w tym: w szczególności metod objętości kontrolnych i elementów skończonych.

Weryfikacja:

Test teoretyczny na końcu semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W3:**

 Zna podstawowe metody analizy i oszacowania błędów rozwiązań numerycznych dla zagadnień opisanych równaniami różniczkowymi cząstkowymi.

Weryfikacja:

Test teoretyczny na końcu semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W3:**

 Zna podstawowe metody analizy i oszacowania błędów rozwiązań numerycznych dla zagadnień opisanych równaniami różniczkowymi cząstkowymi.

Weryfikacja:

Test teoretyczny na końcu semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W4:**

 Ma podstawową wiedzę z zakresu oceny wiarygodności modeli symulacyjnych w procedurach weryfikacji i walidacji.

Weryfikacja:

Test teoretyczny na końcu semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W4:**

 Ma podstawową wiedzę z zakresu oceny wiarygodności modeli symulacyjnych w procedurach weryfikacji i walidacji.

Weryfikacja:

Test teoretyczny na końcu semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_W4:**

 Ma podstawową wiedzę z zakresu oceny wiarygodności modeli symulacyjnych w procedurach weryfikacji i walidacji.

Weryfikacja:

Test teoretyczny na końcu semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NK347\_U1:**

 Potrafi sformułować model numeryczny, świadomie wybrać metodę dyskretyzacji i algorytm rozwiązania.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_U1:**

 Potrafi sformułować model numeryczny, świadomie wybrać metodę dyskretyzacji i algorytm rozwiązania.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_U1:**

 Potrafi sformułować model numeryczny, świadomie wybrać metodę dyskretyzacji i algorytm rozwiązania.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_U2:**

 Posiada umiejętność wykorzystania komercyjnych kodów (w tym: w szczególności programów GAMBIT i FLUENT lub FIDAP) w symulacji numerycznej zagadnień inżynierskich, w tym tworzenia UDF (User Define Function) oraz UDM (User Define Memory) z wykorzystaniem programowania w języku C.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_U2:**

 Posiada umiejętność wykorzystania komercyjnych kodów (w tym: w szczególności programów GAMBIT i FLUENT lub FIDAP) w symulacji numerycznej zagadnień inżynierskich, w tym tworzenia UDF (User Define Function) oraz UDM (User Define Memory) z wykorzystaniem programowania w języku C.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_U2:**

 Posiada umiejętność wykorzystania komercyjnych kodów (w tym: w szczególności programów GAMBIT i FLUENT lub FIDAP) w symulacji numerycznej zagadnień inżynierskich, w tym tworzenia UDF (User Define Function) oraz UDM (User Define Memory) z wykorzystaniem programowania w języku C.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U24

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_U3:**

 Potrafi zinterpretować wyniki obliczeń numerycznych pod kątem ich zgodności z fizyką zjawiska oraz dokładności modelu przybliżonego.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_U3:**

 Potrafi zinterpretować wyniki obliczeń numerycznych pod kątem ich zgodności z fizyką zjawiska oraz dokładności modelu przybliżonego.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_U3:**

 Potrafi zinterpretować wyniki obliczeń numerycznych pod kątem ich zgodności z fizyką zjawiska oraz dokładności modelu przybliżonego.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK347\_U3:**

 Potrafi zinterpretować wyniki obliczeń numerycznych pod kątem ich zgodności z fizyką zjawiska oraz dokładności modelu przybliżonego.

Weryfikacja:

Test praktyczny (laboratorium komputerowe).

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**