

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2013/2014

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Mechanika i Budowa Maszyn

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: M

Stopień studiów: II

Specjalności: Silniki Spalinowe

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Podstawy metod CFD
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Basics of CFD methods
KOD PRZEDMIOTU	M891
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty specjalnościowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	2.00
SEMESTRY	1

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
1	15	0	0	15	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Zdobyć umiejętności modelowania wymiany ciepła i spalania oraz przygotowania danych wejściowych do symulacji CFD

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Znajomość podstaw termodynamiki, mechaniki płynów i wymiany ciepła.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student który zaliczył przedmiot zna podstawy metod numerycznych, w tym MES, MRS i MOS.

EK2 Wiedza Student, który zaliczył przedmiot zna podstawy modelowania CFD.

EK3 Umiejętności Student, który zaliczył przedmiot potrafi zdefiniować problem do obliczeń z wykorzystaniem CFD oraz zebrać niezbędne dane wejściowe.

EK4 Umiejętności Student, który zaliczył przedmiot potrafi zamodelować geometrię oraz siatkę obliczeniową w wybranym programie CFD. Potrafi zdefiniować warunki brzegowe i startowe symulacji, wykonać obliczenia oraz wykonać podstawową analizę wyników symulacji.

EK5 Kompetencje społeczne Student, który zaliczył przedmiot potrafi uzyskać niezbędne dane wejściowe do prawidłowego wykonania symulacji CFD.

EK6 Kompetencje społeczne Student, który zaliczył przedmiot potrafi uzasadnić w zespole wybór modeli obliczeniowych w programie CFD.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Pojęcie CFD (Computational Fluid Dynamics) i podstawowe metody: MES, MRS, MOS stosowane w programach komercyjnych. Przykłady programów i metod. Wady i zalety.	2
W2	Wybór programu do symulacji. Podstawowe dane do programu, tworzenie geometrii układu symulowanego.	2
W3	Tworzenie siatki, rodzaje siatek, porównanie siatek strukturalnych i niestructuralnych, wady i zalety.	2
W4	Modele procesowe (wymiana ciepła, przepływ masy, spalanie, reakcje chemiczne, przemiany fazowe). Porównanie modeli pod kątem czasu i dokładności obliczeń dla różnych przypadków.	3
W5	Modele procesowe (wymiana ciepła, przepływ masy, spalanie, reakcje chemiczne, przemiany fazowe). Porównanie modeli pod kątem czasu i dokładności obliczeń dla różnych przypadków.	2
W6	Parametry sterujące rozwiązaniem: zapewnienie zbieżności i poprawności wyniku. Możliwości skorzystania z symetrii układu. Stosowanie modeli ściśliwych i nieściśliwych.	2
W7	Wprowadzanie własnych modeli przez funkcje użytkownika (UDF).	2

LABORATORIUM KOMPUTEROWE		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
K1	Zapoznanie się ze strukturą programu FLUENT lub CFX. Przygotowanie danych do symulacji. Definiowanie zadania. Przygotowanie algorytmu obliczeniowego.	3
K2	Modelowanie geometrii układu 2D i 3D.	3
K3	Wprowadzenie warunków brzegowych i początkowych. Wprowadzenie modeli przepływu. Przyjęcie parametrów sterujących rozwiązaniem.	3
K4	Uruchomienie symulacji. Symulacja i jej wyniki.	3
K5	Opracowanie i analiza danych uzyskanych z symulacji.	3

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Ćwiczenia laboratoryjne

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	0
Konsultacje przedmiotowe	5
Egzaminy i zaliczenia w sesji	5
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	10
Opracowanie wyników	5
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	5
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	30
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	2.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

F2 Projekt indywidualny

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna pojęcia Metody Elementów Skończonych, Metody Różnic Skończonych i Metody Objętości Skończonych. Nie potrafi podać podstawowych zależności ani różnic pomiędzy wymienionymi metodami.
NA OCENĘ 3.0	Student zna podstawy Metody Elementów Skończonych, Metody Różnic Skończonych i Metody Objętości Skończonych. Potrafi podać różnice pomiędzy wymienionymi metodami.
NA OCENĘ 3.5	Student zna rozszerzone podstawy Metody Elementów Skończonych, Metody Różnic Skończonych i Metody Objętości Skończonych. Potrafi podać różnice pomiędzy wymienionymi metodami oraz scharakteryzować każdą z nich.
NA OCENĘ 4.0	Student zna rozszerzone podstawy Metody Elementów Skończonych, Metody Różnic Skończonych i Metody Objętości Skończonych. Potrafi podać różnice pomiędzy wymienionymi metodami oraz scharakteryzować każdą z nich i wyprowadzić podstawowe zależności.
NA OCENĘ 4.5	Student zna rozszerzone podstawy Metody Elementów Skończonych, Metody Różnic Skończonych i Metody Objętości Skończonych. Potrafi podać różnice pomiędzy wymienionymi metodami oraz scharakteryzować każdą z nich i wyprowadzić podstawowe zależności. Potrafi ocenić przydatność poszczególnych metod oraz ocenić ich wpływ na jakość obliczeń.
NA OCENĘ 5.0	Student zna rozszerzone podstawy Metody Elementów Skończonych, Metody Różnic Skończonych i Metody Objętości Skończonych. Potrafi podać różnice pomiędzy wymienionymi metodami oraz scharakteryzować każdą z nich i wyprowadzić wszystkie istotne zależności. Potrafi ocenić przydatność poszczególnych metod oraz ocenić ich wpływ na jakość obliczeń.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Student nie zna podstawowych równań bilansu masy, pędu i energii wykorzystywanych w metodach CFD. Nie zna podstawowych warunków brzegowych ani też modeli turbulencji.
NA OCENĘ 3.0	Student zna podstawowe równania bilansu masy, pędu i energii wykorzystywane w metodach CFD. Ponadto zna podstawowe warunki brzegowe i zależność pomiędzy nimi. Student zna podstawowe modele turbulencji.

NA OCENĘ 3.5	Student zna podstawowe równania bilansu masy, pędu i energii wykorzystywane w metodach CFD. Ponadto zna warunki brzegowe i zależność pomiędzy nimi. Student zna modele turbulencji.
NA OCENĘ 4.0	Student zna równania bilansu masy, pędu i energii wykorzystywane w metodach CFD. Ponadto zna modele turbulencji, podstawowe warunki brzegowe i zależność pomiędzy nimi.
NA OCENĘ 4.5	Student zna równania bilansu masy, pędu i energii wykorzystywane w metodach CFD. Potrafi przeprowadzić analizę wpływu zmienności poszczególnych składników tych równań. Ponadto zna modele turbulencji, podstawowe warunki brzegowe i zależność pomiędzy nimi.
NA OCENĘ 5.0	Student zna biegle równania bilansu masy, pędu i energii wykorzystywane w metodach CFD. Potrafi przeprowadzić analizę wpływu zmienności poszczególnych składników tych równań. Ponadto zna modele turbulencji, warunki brzegowe i zależność pomiędzy nimi.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi zdefiniować problemu obliczeniowego CFD ani też przygotować niezbędnych danych. Nie potrafi wprowadzić ich do programu symulacyjnego.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi w sposób dostateczny zdefiniować problem do obliczeń CFD oraz przygotować niezbędne dane. Potrafi te dane wprowadzić do programu symulacyjnego.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi zdefiniować problem do obliczeń CFD oraz przygotować niezbędne dane. Potrafi te dane wprowadzić do programu symulacyjnego.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi zdefiniować problem do obliczeń CFD oraz przygotować niezbędne dane. Potrafi te dane wprowadzić do programu symulacyjnego. Potrafi stosować techniki upraszczające model symulacyjny.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi zdefiniować problem do obliczeń CFD oraz przygotować niezbędne dane. Potrafi te dane wprowadzić do programu symulacyjnego. Potrafi stosować techniki upraszczające model symulacyjny i określić stopień wiarygodności przygotowanego modelu.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi biegle zdefiniować problem do obliczeń CFD oraz przygotować niezbędne dane. Potrafi te dane wprowadzić do programu symulacyjnego. Potrafi biegle stosować techniki upraszczające model symulacyjny i określić stopień wiarygodności przygotowanego modelu.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi zamodelować prostej geometrii w programie CFD. Nie potrafi zbudować siatki obliczeniowej na wybranej geometrii.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi zamodelować prostą geometrię 2D oraz 3D w programie CFD. Potrafi zbudować siatkę obliczeniową o wybranych parametrach.

NA OCENĘ 3.5	Student potrafi zamodelować geometrię 2D oraz 3D w programie CFD. Potrafi zaimportować geometrię z zewnętrznego programu CAD. Potrafi zbudować siatkę obliczeniową o wybranych parametrach.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi zamodelować geometrię 2D oraz 3D w programie CFD. Potrafi zaimportować geometrię z zewnętrznego programu CAD i przygotować ją do potrzeb symulacji. Potrafi zbudować siatkę obliczeniową o wybranych parametrach.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi zamodelować dowolną geometrię 2D oraz 3D w programie CFD. Potrafi zaimportować geometrię z zewnętrznego programu CAD, swobodnie wykonywać zmiany w geometrii oraz przygotować ją do potrzeb symulacji. Potrafi zbudować siatkę obliczeniową o wybranych parametrach. Potrafi budować siatkę o zróżnicowanych rodzajach komórek.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi zamodelować dowolną geometrię 2D oraz 3D w programie CFD. Potrafi zaimportować geometrię z zewnętrznego programu CAD, swobodnie wykonywać zmiany w geometrii oraz przygotować ją do potrzeb symulacji. Potrafi zbudować siatkę obliczeniową o wybranych parametrach. Potrafi budować siatkę o zróżnicowanych rodzajach komórek. Potrafi budować siatkę w zespołach złożonych z wielu elementów.
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi uzyskać danych wejściowych do symulacji. Nie umie korzystać z tabel i wykresów danych materiałowych.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi uzyskać podstawowe dane wejściowe do symulacji. Umie korzystać z tabel i wykresów danych materiałowych.
NA OCENĘ 3.5	Student potrafi zdefiniować i uzyskać dane wejściowe do symulacji. Umie korzystać z dowolnych tabel i wykresów danych materiałowych.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi zdefiniować i uzyskać dane wejściowe do symulacji. Umie korzystać z dowolnych tabel i wykresów danych materiałowych. Zna dane materiałowe podstawowych materiałów.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi zdefiniować i uzyskać dane wejściowe do symulacji. Umie korzystać z dowolnych tabel i wykresów danych materiałowych. Zna dane materiałowe podstawowych materiałów. Potrafi przeprowadzić niezbędne obliczenia dla uzyskania wymaganych parametrów.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi zdefiniować i uzyskać dane wejściowe do symulacji. Umie biegle korzystać z dowolnych tabel i wykresów danych materiałowych. Zna dane materiałowe podstawowych materiałów. Potrafi biegle przeprowadzić niezbędne obliczenia dla uzyskania wymaganych parametrów.
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
NA OCENĘ 2.0	Student nie potrafi uzasadnić wyboru modeli obliczeniowych do symulacji CFD.
NA OCENĘ 3.0	Student potrafi uzasadnić wybór poszczególnych modeli obliczeniowych do symulacji CFD z wykorzystaniem dostępnej literatury.

NA OCENĘ 3.5	Student potrafi uzasadnić wybór poszczególnych modeli obliczeniowych do symulacji CFD.
NA OCENĘ 4.0	Student potrafi uzasadnić wybór poszczególnych modeli obliczeniowych do symulacji CFD oraz przeprowadzić analizę ich potencjalnego wpływu na wyniki obliczeń.
NA OCENĘ 4.5	Student potrafi biegle uzasadnić wybór poszczególnych modeli obliczeniowych do symulacji CFD oraz przeprowadzić analizę ich potencjalnego wpływu na wyniki obliczeń. Potrafi prowadzić dyskusję na temat uzyskanych wyników i wybranych metod obliczeniowych.
NA OCENĘ 5.0	Student potrafi biegle uzasadnić wybór poszczególnych modeli obliczeniowych do symulacji CFD oraz przeprowadzić biegle analizę ich potencjalnego wpływu na wyniki obliczeń. Potrafi prowadzić profesjonalną dyskusję na temat uzyskanych wyników i wybranych metod obliczeniowych.

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K2_W02, K2_W03, K2_W15	Cel 1	W1 W2 K1	N1 N2	F1 F2 P1
EK2	K2_W02, K2_W03, K2_W07, K2_W15, K2_UP12, K2_UP08	Cel 1	W1 W2 W3 W4 W5 W6 K1 K2 K3 K4 K5	N1 N2	F1 F2 P1
EK3	K2_UP08, K2_UB07	Cel 1	W2 W3 K1	N1 N2	F1 F2 P1
EK4	K2_UP08, K2_UP06	Cel 1	W2 W4 K1 K3	N1 N2	F1 F2 P1
EK5	K2_UP08, K2_UB07	Cel 1	W2 W4 W7 K1 K3	N1 N2	F1 F2 P1
EK6	K2_W15, K2_UP06	Cel 1	W4 W5 W6 K1 K3 K4	N1 N2	F1 F2 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **Jaworski Z.** — *Numeryczna mech. płynów w inżynierii chemicznej i procesowej*, Warszawa, 2005, Exit
- [2] | **Anderson J. D** — *Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications*, Columbus, 1995, McGraw Hill

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | **Ferziger J. H., Peric Milovan** — *Computational Methods for Fluid Dynamics*, Berlin Heidelberg New York, 2001, Springer Verlag
- [2] | **ANSYS** — *ANSYS FLUENT Documentation*, -, 0, ANSYS

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr inż. Ryszard, Zbigniew Kantor (kontakt: ryszard.kantor@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr inż. Ryszard Kantor (kontakt: rkantor@mech.pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....