



## KARTA PRZEDMIOTU

Kod przedmiotu	IC.MK212	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Obliczeniowa mechanika płynów
			w j. angielskim	Computational Fluid Dynamics
Jednostka prowadząca przedmiot			Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej	
Osoba odpowiedzialna za moduł/przedmiot			dr hab. inż. Łukasz Makowski, dr inż. Leszek Rudniak	
Kierunek studiów	Inżynieria chemiczna i procesowa		Forma studiów	stacjonarne
Profil/poziom kształcenia	ogólnoakademicki II stopień (studia magisterskie)		Nominalny semestr studiów	2
Specjalność	Inżynieria Procesów Przemysłowych – Bioinżynieria – Inżynieria Procesów Ochrony Środowiska			
Forma zajęć/ liczba godzin	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium
	30	-	-	30
Status zajęć/grupa	obowiązkowe/podstawowe		Liczba punktów ECTS	5
Język zajęć	polSKI	Poziom przedmiotu	zaawansowany	

### I. Wymagania wstępne i dodatkowe

I.1	Zdany egzamin z Mechaniki Płynów (IC.MK112).
-----	--

### II. Cele przedmiotu

II.1	Nabywanie wiedzy na temat obliczeniowych analiz przepływów.
II.2	Nabywanie umiejętności związanych z wykorzystaniem kodu numerycznego do symulacji prostych procesów inżynierii chemicznej i procesowej
II.3	Uzyskanie przez studenta podstawowej wiedzy z zakresu numerycznej symulacji transportu pędu, energii i masy oraz praktycznego rozwiązywania w/w zagadnień z wykorzystaniem solvera CFD.

### III. Treści programowe przedmiotu (oddzielnie dla każdej formy zajęć)

#### III.1. Wykład

Lp.	Treść	Liczba godz.
1.	Wprowadzenie - zalety stosowania analiz CFD, CFD jako narzędzie projektowe, obszary zastosowań CFD w inżynierii chemicznej i procesowej.	3
2.	Pakiety komercyjne CFD: typy pakietów, cechy charakterystyczne i użytkowe, wymagania hardware'owe, przewidywane kierunki rozwoju	3
3.	Numeryczne metody rozwiązywania równań bilansu transportu, Solvery bazujące na metodzie objętości skończonej.	5
4.	Podstawowe etapy procesu analizy numerycznej – konstruowanie siatek numerycznych, warunki brzegowe, rozwiązania numeryczne, błędy dyskretyzacji, błędy użytkownika, interpretacja wyników obliczeń.	5
5.	Modele szczegółowe CFD: przepływy burzliwe, płyny nienewtonowskie, media porowate, przepływy płynów dwufazowych, przepływy płynów z jednoczesną reakcją chemiczną, promieniowanie.	9
6.	Prezentacja wybranych zastosowań CFD w procesach inżynierii chemicznej: filtracja, krystalizacja, mieszanie, mikro- i nano-procesy, pompy, precypitacja, reaktory chemiczne i biochemiczne, suszenie, symulacje wielkowirowe, układy ciec-ciecz i ciec-ciało stałe, układy gaz-ciało stałe, układy gaz-ciecz, wymienniki ciepła.	5

III.4. Laboratorium		
Lp.	Treść	Liczba godz.
1.	Wprowadzenie do laboratorium. Omówienie podstawowych etapów procesu analizy numerycznej. Zapoznanie z pakietem Ansys CFD.	2
2.	Przegląd współczesnych metod numerycznych mechaniki płynów i wymiany ciepła – Metoda Objętości Kontrolnych (MOK), Metoda Elementów Skończonych (MES).	2
3.	Przygotowanie modelu i zasady tworzenia siatek numerycznych. Omówienie metod dyskretyzacji przestrzennej i czasowej.	4
4.	Omówienie różnych typów warunków brzegowych i początkowych.	4
5.	Schematy różnicowe dla równań różniczkowych cząstkowych oraz ich stabilność. Wybór metod numerycznych w celu uzyskania zbieżności obliczeń.	4
6.	Analiza modelu numerycznego – zgodność, stabilność, zbieżność rezultatów. Ocena dokładności wyników w zależności od jakości zastosowanej siatki numerycznej. Obróbka i interpretacja wyników.	4
7.	Omówienie walidacji i weryfikacji uzyskiwanych wyników numerycznych. Analiza błędów numerycznych.	4
8.	Indywidualny projekt obliczeniowy dotyczący wykorzystania obliczeniowej mechaniki płynów w procesach inżynierii chemicznej i procesowej, takich jak: filtracja, krystalizacja, mieszanie, mikro- i nano-procesy, pompy, precypitacja, reaktory chemiczne i biochemiczne, suszenie, układy ciecz-ciecz i ciecz-ciało stałe, układy gaz-ciało stałe, układy gaz-ciecz, wymienniki ciepła.	6

IV. Wykaz osiągniętych efektów kształcenia				
Rodzaj efektu	Odniesienie do efektu:		Opis efektu kształcenia	kod
	dla kierunku	dla obszaru		
W	K_W01 K_W02 K_W07	T2A_W01 T2A_W07 T2A_W03 T2A_W04	Student rozszerza swoją wiedzę o praktyczne zastosowania metod rozwiązywania równań różniczkowych. Umie prawidłowo zdefiniować warunki brzegowe i początkowe tych równań.	W1
U	K_U11	T2A_U09	Student potrafi symulować przebieg wybranych procesów inżynierii chemicznej i procesowej (w tym zjawisk przenoszenia pędu, masy i energii) z wykorzystaniem obliczeniowej mechaniki płynów.	U1
U	K_U07	T2A_U09	Student potrafi formułować zasady budowy modeli numerycznych na potrzeby wspomagania prac inżynierskich w aplikacjach inżynierii chemicznej i procesowej.	U2
U	K_U07	T2A_U09	Student potrafi wykorzysta obliczeniową mechanikę płynów do modelowania pracy reaktorów chemicznych i biochemicznych. Zapoznał się z prawidłową walidacją i weryfikacją rezultatów obliczeń numerycznych.	U3
KS	K_K02 K_K04	T2A_K03 T2A_K06	Student posiada umiejętność pracy w grupie, wymiany poglądów oraz rozdzielania zadań dotyczących wspólnego projektu. Posiada również świadomość odpowiedzialności za pracę własną oraz za zbiorowo realizowane zadania.	KS1

\*) Rodzaje efektów: W- wiedza, U- umiejętności, KS – kompetencje społeczne

V. Metody weryfikacji efektów kształcenia							
Efekt	Forma weryfikacji						
	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Zaliczenie pisemne	Kolokwia	Prace domowe	Referat/ sprawozdanie	Dyskusja/ seminarium
W1		X		X			
U1		X		X			
U2				X			
U3		X		X			
KS1						X	X

## VI. Literatura

### Podstawowa

1. J. H. Ferziger, M. Perić, Computational methods for fluid dynamics, 1996.
2. J. D. Anderson, Computational fluid dynamics, 1995.
2. Z. Jaworski, Numeryczna mechanika płynów w inżynierii chemicznej i procesowej, 2005.

### Uzupełniająca

1. T. J. Chung, Computational fluid dynamics, 2002.
2. W. Prosnak, Wprowadzenie do numerycznej mechaniki płynów, 1993.
3. C. A. J. Fletcher, Computational techniques for fluid dynamics, 2002.

## VII. Nakład pracy studenta

Lp.	Treść	Liczba godz.
1.	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu studiów	60
2.	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji	10
3.	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach zaliczeń i egzaminów	5
4.	Przygotowanie do zajęć (studiowanie literatury, odrabianie prac domowych itp.)	15
5.	Zbieranie informacji, opracowanie wyników	5
6.	Przygotowanie sprawozdania, prezentacji, raportu, dyskusji	30
7.	Nauka samodzielna – przygotowanie do zaliczenia/kolokwium/egzaminu	20
<b>Sumaryczne obciążenie studenta pracą</b>		145 godz.
<b>Łączna liczba punktów ECTS</b>		5
<b>Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć</b>		
<b>a) wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich i studentów</b>		2,5
<b>b) o charakterze praktycznym, w tym zajęć laboratoryjnych, warsztatowych i projektowych</b>		3
<b>Liczba punktów ECTS w ramach zajęć z zakresu nauk podstawowych</b>		5