

SZKOŁA DOKTORSKA PW NR 5

SYLABUS 2020/2021

Nazwa przedmiotu	Współczesne metody modelowania złożonych procesów wymiany ciepła
Course name	Contemporary methods of modeling of complex processes of heat transfer
Liczba punktów ECTS	3
Wiodąca dyscyplina naukowa	Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka
Czy przedmiot może być oferowany dla studentów innych dyscyplin? (TAK / NIE)	TAK

	Stopnie, tytuł naukowy	Imię i nazwisko	Wydział / Instytut / Katedra / Centrum/ Inne
Osoba odpowiedzialna za przedmiot (koordynator)	Prof. dr hab.	Piotr Furmański	MEiL/ITC/Zakład Termodynamiki
Osoby planowane do prowadzenia zajęć	Prof. dr hab.	Jerzy Banaszek	MEiL/ITC/Zakład Termodynamiki
	Prof. dr hab. inż.	Piotr Furmański	MEiL/ITC/Zakład Termodynamiki
	Dr hab. inż.	Maciej Jaworski	MEiL/ITC/Zakład Termodynamiki
	Dr hab. inż.	Piotr Łapka	MEiL/ITC/Zakład Termodynamiki
	Dr hab. inż.	Mirosław Seredyński	MEiL/ITC/Zakład Termodynamiki

Semestr studiów	II (letni)
Typ przedmiotu (możliwości wyboru) obowiązkowy O fakultatywny F	F
Wymagania wstępne Zakres wiadomości / kompetencji / umiejętności, jakie powinien już posiadać student przed rozpoczęciem nauki przedmiotu, a także specyfikacja innych przedmiotów lub programów, które należy zaliczyć wcześniej.	Znajomość podstaw wymiany ciepła i termodynamiki z zakresu studiów politechnicznych I stopnia Znajomość równań różniczkowych cząstkowych z zakresu studiów politechnicznych II stopnia
Poziom przedmiotu Podstawowy P Średniozaawansowany Ś Zaawansowany Z	Z

Charakter zajęć (wykład , ćwiczenia, projekty, laboratoria , warsztaty)	Wykład
Liczba godzin kontaktowych z prowadzącym	liczba godzin w semestrze 45 sugerowana liczba godzin w tygodniu 3
Liczba godzin pracy własnej studenta	przygotowywanie studenta do zajęć (wg indywidualnej potrzeby) przygotowywanie studenta do zaliczenia 45
Całkowita liczba godzin	90
Język wykładowy (PL / ENG)	PL
Cel przedmiotu Opis zakładanych kompetencji i umiejętności, jakie student nabywa w wyniku zaliczenia przedmiotu. Uwaga: maksymalna objętość tekstu to 5 wierszy	Znajomość złożonych zjawisk wymiany ciepła występujących w przyrodzie i technice wykorzystującej przemianę energii, w których istotny jest przepływ ciepła. Umiejętność opisu matematycznego tych procesów odgrywających bardzo istotną rolę w nowoczesnych procesach technologicznych, energetyce klasycznej, jądrowej i bazującej na wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, elektronice, budownictwie oraz kontroli tych procesów w celu podniesienia efektywności przemian energetycznych. Poznanie metod modelowania, stosowanych uproszczeń modeli i symulacji numerycznej złożonych procesów wymiany ciepła.
Treść przedmiotu (jeżeli przedmiot będzie prowadzony w j. ang. proszę wypełnić po angielsku)	
treści merytoryczne przedmiotu dla każdej składowej przedmiotu, tj. dla W; Ć; L; P. Uwaga: maksymalna objętość tekstu to 1 standardowa strona A4.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Promieniowanie cieplne w ośrodkach półprzezroczystych, emitujących, pochłaniających i anizotropowo rozpraszających promieniowanie. Opis zjawisk wymiany ciepła na drodze promieniowania wewnątrz ośrodków i na ich granicy. Intensywność promieniowania. Równanie transportu promieniowania. Związki na intensywność na granicy dwóch ośrodków o różnych współczynnikach załamania. Związek między intensywnością promieniowania a radiacyjnym strumieniem cieplnym. Przybliżenie dyfuzyjne i ośrodka przezroczystego na promieniowanie. Metody rozwiązania równania transportu promieniowania: S-N, P-N, Finite Volume Method, metoda promieni, metoda Monte Carlo. Metody wyznaczania właściwości optycznych ośrodków i ich zależność od długości fali promieniowania: przybliżenie wąskich i szerokich pasm. Zastosowanie obliczeń równoległych w rozwiązywaniu zagadnień promieniowania cieplnego. Jednoczesna wymiana ciepła na drodze promieniowania cieplnego, konwekcji i przewodzenia ciepła. Promieniowanie cieplne a oświetlenie obiektów. Przykłady zastosowań. 2. Wymiana ciepła w procesach zmiany fazy. Sposoby uwzględniania wydzielania ciepła przemiany fazowej w równaniach przepływu energii. Metody symulacji numerycznej przemian fazowych. Metoda uwzględnienia histerezy krzywej entalpii w funkcji temperatury w czasie topnienia i zestalania. Wpływ przemian fazowych na intensywność wymiany ciepła. Przykłady zastosowań modelowania przemian fazowych: oszranianie powierzchni wymiany ciepła w chłodnictwie, obładzanie powierzchni samolotów i łopat turbin wiatrowych, zastosowania akumulacji energii w przemianach fazowych. Modelowanie pracy układów stabilizujących temperaturę wykorzystujących materiały zmiennofazowe. 3. Wymiana ciepła w zawiesinach i ośrodkach porowatych. Opis matematyczny wymiany ciepła przy przepływie zawiesin oraz płynów w ośrodkach porowatych. Równowaga termodynamiczna w w zawiesinach i ośrodkach porowatych. Zjawisko dyspersji. Równanie pędu zawierające człony Darcy i Brinkmana. Warunki brzegowe na granicy płynu i ośrodka porowatego. Symulacja numeryczna wymiany ciepła w zawiesinach (modele Eulera i Lagrange'a). Równanie filtracji. Zastosowanie zawiesin i ośrodków porowatych w zwiększeniu intensywności wymiany ciepła. 4. Wymiana ciepła w mikroskali. Nośniki energii w ciałach stałych i płynach. Droga swobodna nośników. Efekty braku równowagi termodynamicznej. Zjawisko pamięci cieplnej. Modelowanie zjawisk falowych w przepływie ciepła – hiperboliczne równanie przewodzenia ciepła. Wymiana ciepła przy występowaniu nieciągłości prędkości i pola temperatury na granicy ośrodkach, przepływy swobodno-molekularne. Sposoby modelowania wymiany ciepła gdy droga swobodna nośników jest porównywalna z wymiarami ciała. Przykłady zastosowań. 	

5. Wymiana ciepła w przepływach dwufazowych z wymianą ciepła. Opis matematyczny przepływu dwufazowego. Mapy struktur przepływu i ich wyznaczenie. Modelowanie zmian udziału objętościowego faz, spadków ciśnienia w przepływie i wymiany ciepła przy różnych typach struktur. Dwufazowe przepływy krytyczne. Przykłady zastosowań.
6. Wymiana ciepła przy ochronie cieplnej budynków. Przepływ ciepła i wilgoci przez przegrody nieprzeźroczyste. Złożony przepływ ciepła przez przegrody przeźroczyste. Metody modelowania wpływu zmian otoczenia na przepływ ciepła przez przegrody budowlane. Metody ograniczenia wymiany ciepła przy uwzględnieniu izolacji transparentnych, izolacji dynamicznych i przemian fazowych w przegrodach. Metody symulacji numerycznej stanów nieustalonej wymiany ciepła w budynkach i zagadnienie ich stabilności cieplnej. Modelowanie procesów wymiany ciepła w kompleksach miejskich.
7. Zagadnienia odwrotne wymiany ciepła. Kategoryzacja: wyznaczenie właściwości cieplnych, warunków brzegowych, warunku początkowego, miejsca występowania źródeł ciepła, geometrii obiektu, w którym występuje wymiana ciepła. Współczynniki wrażliwości. Metody rozwiązywania zagadnień odwrotnych wymiany ciepła: oszacowania parametrów (parameter estimation), oszacowania funkcji (function estimation), regularyzacji (Tichonow regularization, iterative procedures, self-regularization). Kryteria spełniane przez metody rozwiązywania zagadnień odwrotnych. Techniki gradientowe i niegradientowe

Spis zalecanych lektur

1.	Incropera F.P., Dewitt D.P., Bergman T.L., Lavine A.S.: <i>Principles of Heat and Mass Transfer</i> , John Wiley & Sons, różne wydania
2.	Naterer G.F.: <i>Advanced Heat Transfer</i> , CRC Press, Taylor and Francis Group, 2018
3.	Bejan A., Kraus A.D. (ed.): <i>Heat Transfer Handbook</i> , John Wiley & Sons INC., 2002
4.	Kaviany M.: <i>Principles of Heat Transfer in Porous Media</i> , Springer-Verlag, 1995
5.	Tzou D.Y.: <i>Macro- to Microscale Heat Transfer</i> , Taylor & Francis, 1997
6.	Ozisik, M.N. and Orlande, H.R.B.: <i>Inverse Heat Transfer: Fundamentals and Applications</i> , Taylor and Francis, NY., 2000

Metody oceny (ocena, egz. pisemny, egz. ustny, projekt)	Zaliczenie: projekt obliczeniowy, test z wiedzy z materiału wykładowego
---	---

Uwagi dodatkowe	
------------------------	--

Tabela 1. Efekty kształcenia

Numer (symbol)	Efekty kształcenia słuchacza, który zaliczył przedmiot, potrafi	Sposób weryfikacji osiągnięcia efektu
	WIEDZA	
WISGE_53_01	Doktorant ma zaawansowaną wiedzę w wybranym zakresie wymiany ciepła, przydatną do formułowania i rozwiązywania złożonych zadań związanych z dyscypliną naukową inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz innymi dyscyplinami naukowymi, w których wymiana ciepła odgrywa istotną rolę	Test z wiedzy z materiału wykładowego
	UMIEJĘTNOŚCI	
UISGE_53_01	Doktorant umie korzystać z narzędzi matematycznych służących do modelowania procesów i rozwiązywania problemów naukowych z zakresu wymiany ciepła w dyscyplinie	Projekt obliczeniowy

Numer (symbol)	Efekty kształcenia słuchacza, który zaliczył przedmiot, potrafi	Sposób weryfikacji osiągnięcia efektu
	naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz innych dyscyplinach naukowych, w których wymiana ciepła odgrywa istotną rolę	
KOMPETENCJE		
KISGE_53_01	Doktorant potrafi przedstawiać wyniki pracy naukowej otrzymane z wykorzystaniem różnych sposobów modelowania procesów wymiany ciepła	Prezentacja projektu