

**Karta przedmiotu oferowanego w Szkole Doktorskiej nr 5**  
**– semestr letni 2021/2022**

<b>TYTUŁ</b>
Współczesne metody modelowania złożonych procesów wymiany ciepła
<b>JEDNOSTKA PROWADZĄCA</b>
Szkoła doktorska nr 5
<b>DYSCYPLINA NAUKOWA</b>
Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka
<b>JEDNOSTKA REALIZUJĄCA</b>
113000 - Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa
<b>OPIS SKRÓCONY PRZEDMIOTU</b>
<p>CEL PRZEDMIOTU: 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.</p>
<b>OPIS PRZEDMIOTU</b>
<p>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.</p>

2. Wymiana ciepła w procesach zmiany fazy. Sposoby uwzględniania wydzielania ciepła przemiany fazowej w równaniach przepływu energii. Metody symulacji numerycznej przemian fazowych. 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 zawieszinach i ośrodkach porowatych. Opis matematyczny wymiany ciepła przy przepływie zawieszin oraz płynów w ośrodkach porowatych. Równowaga termodynamiczna w zawieszinach i ośrodkach porowatych. Zjawisko dyspersji. Warunki brzegowe na granicy płynu i ośrodka porowatego. Symulacja numeryczna wymiany ciepła w zawieszinach (modele Eulera i Lagrange'a). Równanie filtracji. Zastosowanie zawieszin 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 ośrodków, 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. 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: wyznaczanie 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, oszacowania funkcji, regularyzacji. Kryteria spełniane przez metody rozwiązywania zagadnień odwrotnych. Techniki gradientowe i niegradientowe.

## LITERATURA

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

## EFEKTY UCZENIA

### WIEDZA:

1. 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 i stanowi fundament dylematów współczesnej cywilizacji.

**UMIEJĘTNOŚCI:**

1. Doktorant umie korzystać z narzędzi matematycznych służących do modelowania procesów i rozwiązywania problemów naukowych z zakresu wymiany ciepła w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz innych dyscyplin naukowych, w których wymiana ciepła odgrywa istotną rolę.

2. Potrafi planować i realizować – w sposób metodologicznie poprawny – indywidualne proste przedsięwzięcia badawcze w przedmiotowym obszarze.

**KOMPETENCJE:**

1. Doktorant potrafi przedstawiać wyniki pracy naukowej otrzymane z wykorzystaniem różnych sposobów modelowania procesów wymiany ciepła z zachowaniem zasad publicznej własności wyników działalności naukowej.

2. Gotowy jest do myślenia i działania w sposób kreatywny i przedsiębiorczy w przedmiotowym obszarze

**METODY I KRYTERIA OCENIANIA ORAZ FORMA ZALICZENIA ZAJĘĆ**

Zaliczenie: projekt obliczeniowy, test z wiedzy z materiału wykładowego

JĘZYK WYKŁADOWY PRZEDMIOTU		PUNKTY ECTS
polski		3
FORMA PROWADZONYCH ZAJĘĆ	WYMIAR GODZIN	PROWADZĄCY
Wykład (WYK)	45	Jerzy Banaszek, prof. dr hab. inż.; Piotr Furmański, prof. dr hab. inż.; Maciej Jaworski, dr hab. inż., prof. uczelni; Piotr Łapka, dr hab. inż., prof. uczelni; Mirosław Seredyński, dr hab. inż., prof. uczelni;