**Nazwa przedmiotu:**

Zaawansowana Wymiana Ciepła

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Piotr Łapka

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Energetyka

**Grupa przedmiotów:**

Specjalnościowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NS645

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2021/2022

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1. Liczba godzin kontaktowych: 40 godzin, w tym:
a) wykład – 15 godzin,
b) ćwiczenia – 15 godzin,
c) konsultacje – 10 godzin.
2. Praca własna studenta: 35 godzin, w tym:
a) 5 godzin – bieżące przygotowywanie się studenta do ćwiczeń,
b) 5 godzin – bieżące przygotowywanie się studenta do wykładów,
c) 15 godzin – przygotowywanie referatów zaliczeniowych,
d) 10 godzin – przygotowanie się studenta do kolokwium zaliczeniowego.
3. Razem – 75 godzin.

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

1.6 punktów ECTS – liczba godzin kontaktowych 40, w tym:
a) wykład – 15 godzin,
b) ćwiczenia – 15 godzin,
c) konsultacje – 10 godzin.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

-

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

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

**Wymagania wstępne:**

Student powinien znać podstawy:
1) wymiany ciepła i masy,
2) termodynamiki,
3) mechaniki płynów,
4) metod numerycznych,
5) analizy matematycznej.

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Nauczenie podstaw teoretycznych zaawansowanych modeli fizycznych oraz matematycznych opisujących złożone mechanizmy wymiany ciepła i masy takie jak: radiacyjna wymian ciepła w ośrodku nieoddziaływującym oraz oddziaływującym z promieniowaniem cieplnym, wymiana ciepła w przepływach dwufazowych, wymiana ciepła przy przepływach turbulentnych, wymiana ciepła w ośrodkach porowatych i zawiesinach, wymiana ciepła w izolacjach, wymiana ciepła przy przepływach cieczy o ciśnieniu bliskim ciśnienia krytycznego, wymiana ciepła przy występowaniu termicznego oporu kontaktowego. Nauczenie podstaw teoretycznych złożonych modeli fizycznych i matematycznych wymienników ciepła.
Zapoznanie z współczesnymi metodami pomiarów gęstości strumienia ciepła i wizualizacji pola temperatury (termografia w podczerwieni, ciekłokrystaliczna, termokolory).
Zapoznanie z współczesnymi metodami numerycznymi służącymi do analizy zaawansowanych mechanizmów wymiany ciepła i masy.

**Treści kształcenia:**

1. Promieniowanie cieplne w ośrodkach przeźroczystych i oddziaływujących z promieniowaniem – podstawowe prawa, właściwości optyczne, modelowanie matematyczne i numeryczne.
2. Wymiana ciepła w przepływach dwufazowych – klasyfikacja przepływów, podstawowe prawa, modelowanie matematyczne i numeryczne.
3. Wymiana ciepła w przepływach turbulentnych – modelowanie matematyczne i numeryczne.
4. Wymiana ciepła w ośrodkach porowatych i zawiesinach – klasyfikacja przepływów, podstawowe prawa, właściwości, modelowanie matematyczne.
5. Metody pomiarów gęstości strumienia ciepła i wizualizacja pola temperatury – termografia w podczerwieni, ciekłokrystaliczna, termokolory.
6. Izolacje cieplne i ochrona przed wysoką i niską temperaturą – klasyfikacja, mechanizmy wymiany ciepła, modelowania matematyczne.
7. Termiczny opór kontaktowy – modelowanie matematyczne.
8. Wymienniki ciepła i rury cieplne – klasyfikacja, modelowanie matematyczne.
9. Wymiana ciepła przy przepływach cieczy o ciśnieniu bliskim ciśnienia krytycznego – modelowanie matematyczne.

**Metody oceny:**

1. Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru.
Cel: sprawdzenie wiedzy dotyczącej modelowania fizycznego i matematycznego złożonych mechanizmów wymiany ciepła oraz urządzeń i procesów technologicznych.

2. Opracowanie wybranego tematu w formie referatu lub krótkiej 15-20 minutowej prezentacji. W przypadku prezentacji wygłoszenie jej na zajęciach.
Cel: sprawdzenie umiejętności identyfikacji, opisu oraz analizy złożonych mechanizmów wymiany ciepła występujących w różnych procesach i urządzeniach technologicznych.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

I. Elementy materiału prezentowanego na wykładzie można znaleźć w następujących pozycjach literaturowych:
a) Książki ogólne:
1. Y. A. Cengel, A. J. Ghajar: Heat and Mass Transfer. Fundamentals & Applications, Mc Graw Hill.
2. S. Wiśniewski, T. S. Wiśniewski: Wymiana Ciepła, WNT.
3. B. Staniszewski, Wymiana Ciepła. Podstawy Teoretyczne, PWN.
Radiacyjna wymian ciepła:
 1. J. R. Howell, R. Siegel, M. P. Menguc: Thermal Radiation Heat Transfer, CRC Press.
2. M. F. Modest: Radiative Heat Transfer, Academic Press.
3. A. Sala: Radiacyjna wymiana ciepła, WNT.
b) Zawiesiny, ośrodki porowate oraz przepływy dwufazowe:
1. M. Dziubiński, J. Prywer: Mechanika płynów dwufazowych, WNT.
2. M. Ishii, T. Hibiki: Thermo-Fluid Dynamics of Two-Phase Flow, Springer.
3. D. A. Nield, A. Bejan: Convection in Porous Media, Springer.
4. M. Kaviany: Principles of Heat Transfer in Porous Media, Springer.
5. O. Molerus, K.-E. Wirth: Heat Transfer in Fluidized Beds, Chapman & Hall.
6. Y. A. Buyevivh, D. V. Alexandrov: Heat Transfer in Dispersions, Begell House Inc.
c) Wymiana ciepła w przepływach turbulentnych:
1. A. Tsinober: An Informal Introduction to Turbulence, Kluwer.
2. H. Versteeg, W. Malalasekera: An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method, Longman Scientific and Technological.
d) Opór kontaktowy:
1. P. Furmański, T. S. Wiśniewski, J. Banaszek: Thermal Contact Resistance and Other Thermal Phenomena at Solid-Solid Interface, ITC PW.
e) Izolacje cieplne:
1. P. Furmański, T. S. Wiśniewski, J. Banaszek: Izolacje cieplne. Mechanizmy wymiany ciepła, właściwości cieplne i ich pomiary, ITC PW.
II. Elementy materiału prezentowanego na ćwiczeniach można znaleźć w:
1. P. Furmański, R. Domański: Wymiana Ciepła. Zadania i Przykłady, OWPW.

**Witryna www przedmiotu:**

Materiały dostępne po zalogowaniu na stronie: http://www.itc.pw.edu.pl/Pracownicy/Naukowo-dydaktyczni/Lapka-Piotr/Materialy-dla-studentow

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NS645\_W1:**

Zna zaawansowane mechanizmy wymiany ciepła i masy.

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru, referat/prezentacja.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_W2:**

 Zna metody pomiaru gęstości strumienia ciepła i wizualizacji pola temperatury.

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_W3:**

Posiada zaawansowaną wiedzę z zakresu modelowania fizycznego i matematycznego złożonych mechanizmów wymiany ciepła i masy.

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru, referat/prezentacja.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_W3:**

Posiada zaawansowaną wiedzę z zakresu modelowania fizycznego i matematycznego złożonych mechanizmów wymiany ciepła i masy.

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru, referat/prezentacja.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_W4:**

Ma wiedzę w zakresie zaawansowanych modeli numerycznych służących do symulowania złożonych procesów wymiany ciepła i masy.

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_W4:**

Ma wiedzę w zakresie zaawansowanych modeli numerycznych służących do symulowania złożonych procesów wymiany ciepła i masy.

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_W5:**

Zna różne rodzaje wymienników ciepła oraz sposoby ich modelowania.

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru, referat/prezentacja.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_W6:**

Ma wiedzę na temat różnych rodzajów izolacji cieplnych.

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru, referat/prezentacja.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NS645\_U1:**

Potrafi zidentyfikować złożone mechanizmy ciepła i masy występujące w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U1:**

Potrafi zidentyfikować złożone mechanizmy ciepła i masy występujące w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U1:**

Potrafi zidentyfikować złożone mechanizmy ciepła i masy występujące w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U2:**

Potrafi zastosować zaawansowane modele fizyczne i matematyczne do ilościowej analizy złożonych procesów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U2:**

Potrafi zastosować zaawansowane modele fizyczne i matematyczne do ilościowej analizy złożonych procesów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U14

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U2:**

Potrafi zastosować zaawansowane modele fizyczne i matematyczne do ilościowej analizy złożonych procesów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U3:**

 Potrafi rozwiązać proste zagadnienia wymiany ciepła w ośrodkach oddziaływujących z promieniowaniem cieplnym, w ośrodkach porowatych, w zawiesinach, w przepływach dwufazowych, turbulentnych i o ciśnieniach bliskich ciśnieniu krytycznemu.

Weryfikacja:

Kolokwium zaliczeniowe na koniec semestru, referat/prezentacja.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U4:**

Potrafi przygotować referat/prezentację na temat złożonych mechanizmów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U4:**

Potrafi przygotować referat/prezentację na temat złożonych mechanizmów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U4:**

Potrafi przygotować referat/prezentację na temat złożonych mechanizmów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NS645\_U4:**

Potrafi przygotować referat/prezentację na temat złożonych mechanizmów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i procesach technologicznych.

Weryfikacja:

Ocena referatu/prezentacji.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**