**Nazwa przedmiotu:**

Wymiana ciepła

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Leszek Rudniak

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1070-IC000-ISP-404

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu studiów 30
2. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów etc. 24
3. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych etc. 12
4. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia etc. 18
Sumaryczny nakład pracy studenta 84

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

-

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

-

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 30h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

brak

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie studentów z zagadnieniami dotyczącymi podstaw ruchu ciepła w wyniku mechanizmów przewodzenia, konwekcji i promieniowania w ujęciu stacjonarnym i niestacjonarnym.

**Treści kształcenia:**

Wykład
1. Ustalone przewodzenie ciepła. Równania różniczkowe we współrzędnych prostokątnych, cylindrycznych i sferycznych. Warunki brzegowe i początkowe w przewodzeniu ciepła. Przewodzenie ciepła przez płytę płaską jedno- i wielowarstwową. Przewodzenie ciepła przez ściany cylindryczne i koliste. Pojęcie oporu cieplnego.
2. Wnikanie ciepła. Przenikanie ciepła, prawo Newtona, prawo Stefana-Bolzmana. Przenikanie ciepła przez ścianki cylindryczne wielowarstwowe oraz przez rury cienkościenne. Przewodzenie ze zmienną wartością λ = f(T). Izolacja cieplna i jej grubość krytyczna. Wymiana ciepła przez powierzchnie ożebrowane, sprawność żebra. Wewnętrzne źródła ciepła - przewodzenie przez płyty. Płyta płaska chłodzona dwustronnie. Walec nieskończony z ustaloną temperaturą na powierzchni. Przegroda sferyczna.
3. Przewodzenie nieustalone. Chłodzenie i ogrzewanie ciał. Liczby Biota i Fouriera. Rozkład temperatur w płytach i bryłach w przypadku, kiedy opór wnikania jest pominięty i kiedy trzeba go uwzględnić. Rozkład temperatur w bryłach o innych kształtach niż podstawowe. Metody graficzne przy przewodzeniu nieustalonym.
4. Konwekcja wymuszona. Równania różniczkowe. Równania konwekcji i przewodzenia Kirchoffa -Fouriera. Warstwa graniczna, przyścienna warstwa termiczna. Konwekcyjna wymiana ciepła podczas laminarnego i burzliwego przepływu w rurze. Konwekcja wymuszona podczas opływu ciał, równanie Frusslinga. Konwekcja swobodna. Konwekcja swobodna przy ścianie pionowej i w szczelinach. Konwekcja swobodna i wymuszona; kondensacja pary na rurach poziomych i pionowych, konwekcja przy wrzeniu cieczy, etapy wrzenia.
5. Wymienniki ciepła. Intensyfikacja wymiany ciepła. Rozkłady temperatur przy różnych prądach. Wymiennik pracujący ze zmianą fazy medium. Prąd skrzyżowany. Określenie temperatur końcowych mediów. Metody obliczania powierzchni wymiany ciepła, pojęcie sprawności, metoda NTU. Projektowanie wymiennika.
6. Promieniowanie ciał. Prawo Stefana - promieniowanie ciała doskonale czarnego. Prawo Kirchoffa - promieniowanie ciał rzeczywistych.

**Metody oceny:**

1. egzamin pisemny

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. T. Hobler, Ruch ciepła i wymienniki, WNT, 1986.
2. B. Staniszewski, Wymiana ciepła, PWN, 1963.
3. S. Wiśniewski, Wymiana ciepła, PWN, 1979.
4. Cz. Strumiłło, Ruch ciepła, podstawy teoretyczne, Łódź, 1980.
5. J. Ciborowski, Podstawy inżynierii chemicznej, WNT, 1965.
6. C. Bennett, J. Meyers, Przenoszenie pędu, ciepła i masy, WNT 1967.
7. J. Holman, Heat transfer, McGraw-Hill, 1972.
8. W. Gogół, Wymiana ciepła. Tablice i wykresy, WPW, Warszawa, 1984.
9. R. Domański, P. Furmański, Wymiana ciepła. Przykłady obliczeń z zadaniami, OWPW, Warszawa, 2002.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

Zajęcia prowadzone są w formie zdalnej przy pomocy programu Microsoft Teams. (forma zajęć wprowadzona w semestrze 2021L z uwagi na ograniczenia wynikające z konieczności zapobiegania rozprzestrzenianiu się COVID-19).
Zaliczenie przedmiotu odbywa się na podstawie egzaminu pisemnego przeprowadzonego w formie zdalnej przy wykorzystaniu programu Microsoft Teams.
Wszyscy zapisani studenci mogą przystąpić do egzaminu, który organizowany jest w dwóch terminach w sesji letniej oraz dodatkowego terminu w sesji poprawkowej.
Odpowiedź na każde pytanie jest oceniana oddzielnie.
Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną. Minimum do zaliczenia: średnia ocena > 2,95. Ocenę końcową z przedmiotu Wymiana ciepła ustala się stosując skalę: =< 2,95 - 2; 2,96-3,25 – 3; 3.26-3,75 – 3,5; 3,76-4,25 – 4; 4,26-4,75 pkt – 4,5; 4,76-5,0 pkt – 5.
W przypadku nieuzyskania zaliczenia przedmiotu konieczne jest jego powtórzenie w kolejnym cyklu realizacji zajęć.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Ma wiedzę dotyczącą podstaw ruchu ciepła w wyniku mechanizmów przewodzenia, konwekcji i promieniowania w ujęciu stacjonarnym i niestacjonarnym.

Weryfikacja:

egzamin pisemny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_W04, K1\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

Potrafi korzystać z wszelkiego rodzaju informacji i je analizować.

Weryfikacja:

egzamin pisemny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UK, P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

**Charakterystyka U2:**

Ma umiejętności systematycznego pogłębiania wiedzy i doskonalenia się w praktycznych zastosowaniach inżynierii chemicznej.

Weryfikacja:

egzamin pisemny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_U, I.P6S\_UU

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KS1:**

Prawidłowo reaguje na problemy związane z pracą inżyniera.

Weryfikacja:

egzamin pisemny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KR, P6U\_K