

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: niestacjonarne

Kod kierunku: 11

Stopień studiów: I

Specjalności: Systemy i urządzenia energetyczne

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                         |                        |
|-----------------------------------------|------------------------|
| NAZWA PRZEDMIOTU                        | Wymiana ciepła i masy  |
| NAZWA PRZEDMIOTU<br>W JĘZYKU ANGIELSKIM | Heat and mass transfer |
| KOD PRZEDMIOTU                          | WIŚIE EN oIN C27 21/22 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU                    | Przedmioty kierunkowe  |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS                     | 5.00                   |
| SEMESTRY                                | 4                      |

### 2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | CWICZENIA | LABORATORIA | LABORATORIA<br>KOMPUTERO-<br>WE | PROJEKT | SEMINARIUM |
|---------|--------|-----------|-------------|---------------------------------|---------|------------|
| 4       | 18     | 9         | 9           | 0                               | 0       | 0          |

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Zapoznanie się z podstawami wymiany ciepła (poszczególnymi rodzajami ustalonej i nieustalonej wymiany ciepła: przewodzenie, konwekcja naturalna i wymuszona oraz promieniowanie ciepłe).

**Cel 2** Zapoznanie się z analitycznymi i numerycznymi metodami rozwiązywania przewodzenia ciepła.

**Cel 3** Zapoznanie się z podstawami wymiany masy, procesami wymiany masy: dyfuzyjny ruch masy, konwekcyjny ruch masy, wnikanie masy.

**Cel 4** Pokazanie analogii pomiędzy procesami wymiany ciepła a procesami ruchu masy.

#### 4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Zaliczone przedmioty: Termodynamika

#### 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Ma wiedzę na temat ustalonej i niustalonej wymiany ciepła na drodze przewodzenia, konwekcji i promieniowania.

**EK2 Umiejętności** Posiada umiejętność wyznaczania przekazywanego ciepła w stanach ustalonych i niustalonych

**EK3 Wiedza** Ma wiedzę na temat sposobów wymiany masy

**EK4 Umiejętności** Posiada umiejętność wyznaczania przekazywanej masy.

#### 6 TREŚCI PROGRAMOWE

| LABORATORIA |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                  |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP          | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                     | LICZBA<br>GODZIN |
| L1          | Zmienne i wskaźniki badawcze. Pojęcie zmiennych. Klasyfikacje zmiennych. Rodzaje wskaźników i ich uzasadnianie. Metody i techniki badawcze. Planowanie eksperymentu. Przebieg badań. Opracowanie wyników badań (analiza empiryczna i statystyczna, analiza ilościowa a analiza jakościowa) | 2                |
| L2          | Doswiadczałne wyznaczanie współczynnika przewodzenia ciepła w ciałach stałych. Określanie oporu kontaktowego na styku ciał stałych. Doswiadczałne wyznaczanie współczynnika przenikania ciepła. Badanie wymiany ciepła przy przepływie laminarnym i turbulentnym.                          | 7                |

| WYKŁAD |                                                                                                                               |                  |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP     | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                        | LICZBA<br>GODZIN |
| W1     | Podstawy wymiany ciepła. Przewodzenie ciepła. Konwekcyjna wymiana ciepła. Promieniowanie.                                     | 2                |
| W2     | Równanie różniczkowe przewodzenia ciepła. Warunki jednoznaczności rozwiązania równania przewodzenia ciepła. Warunki brzegowe. | 2                |
| W3     | Wielowymiarowe ustalone przewodzenie ciepła. Metoda analityczna, przybliżona, graficzna.                                      | 2                |

| WYKŁAD     |                                                                                                            |                  |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP         | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                     | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>W4</b>  | Wykorzystanie współczynników kształtu. Metoda objetosci skończonej i różnic skończonych.                   | 2                |
| <b>W5</b>  | Nieustalone przewodzenie ciepła.                                                                           | 2                |
| <b>W6</b>  | Metoda Fouriera i Laplacea.                                                                                | 2                |
| <b>W7</b>  | Podstawy wymiany masy. Określenie składu mieszaniny.                                                       | 1                |
| <b>W8</b>  | Dyfuzja ustalona. Prawo Ficka. Współczynnik dyfuzji. Różniczkowy bilans masy.                              | 2                |
| <b>W9</b>  | Ruch masy w turbulentnym przepływie płynu. Modele wnikania masy. Współczynnik wnikania i przenikania masy. | 1                |
| <b>W10</b> | Analogia między dyfuzyjnym ruchem masy i ruchem ciepła.                                                    | 1                |
| <b>W11</b> | Charakterystyka wymienników masy.                                                                          | 1                |

| CWICZENIA |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| LP        | TEMATYKA ZAJĘĆ<br>OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | LICZBA<br>GODZIN |
| <b>C1</b> | Przenikanie ciepła w ścianie cylindrycznej na przykładzie zjawiska krytycznej grubości izolacji. Jednowymiarowe przewodzenie ciepła z wewnętrznym źródłem ciepła - równanie Fouriera-Kirchhoffa. Konwekcyjna wymiana ciepła - konwekcja naturalna i wymuszona - opływ ciał i przepływ w kanałach. Obliczenia długości wymiennika ciepła typu "rura w rurze". Tworzenie bilansów masowych i molowych dla wieloskładnikowych mieszanin gazowych. Dyfuzja cząsteczkowa - I prawo Ficka, wyznaczanie współczynnika dyfuzji. Dyfuzja równomolowa przeciwkierunkowa oraz dyfuzja przez warstwę inerty. Konwekcja masy - wyznaczanie współczynników wnikania masy dla różnych przypadków. Obliczanie współczynnika przenikania masy odniesionego do steżenia fazy gazowej i fazy ciekłej. Przeliczanie współczynników wnikania masy w zależności od sposobu wyrażenia siły napędowej procesu. | 9                |

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

**N1** Wykłady

**N2** Prezentacje multimedialne

**N3** Zadania tablicowe

**N4** Ćwiczenia laboratoryjne

## 8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI                                                                                 | ŚREDNIA LICZBA GODZIN<br>NA ZREALIZOWANIE<br>AKTYWNOŚCI |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:</b>                                     |                                                         |
| Godziny wynikające z planu studiów                                                               | 36                                                      |
| Konsultacje przedmiotowe                                                                         | 2                                                       |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji                                                                    | 2                                                       |
| <b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b> |                                                         |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury                               | 30                                                      |
| Opracowanie wyników                                                                              | 30                                                      |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji                                           | 25                                                      |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z<br/>CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>    | <b>125</b>                                              |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU                                                    | 5.00                                                    |

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

**F1** Kolokwium

**F2** Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

**P1** Średnia ważona ocen formujących

**P2** Egzamin pisemny

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

**W1** Uzyskanie pozytywnych ocen z zadań cząstkowych

### KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego |

|                     |                                      |
|---------------------|--------------------------------------|
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 |                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 |                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 |                                      |
| NA OCENĘ 2.0        | Zakres wiadomości do 55% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.0        | Zakres wiadomości do 60% wymaganego  |
| NA OCENĘ 3.5        | Zakres wiadomości do 70% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.0        | Zakres wiadomości do 80% wymaganego  |
| NA OCENĘ 4.5        | Zakres wiadomości do 90% wymaganego  |
| NA OCENĘ 5.0        | Zakres wiadomości do 100% wymaganego |

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE                | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------|---------------|
| EK1               | K1_W06<br>K1_W22<br>K1_W26                                                     | Cel 1 Cel 2     | L1 L2 W1 W2<br>W3 W4 W5 W6<br>C1 | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 P1 P2   |
| EK2               | K1_U13                                                                         | Cel 1 Cel 2     | L1 L2 W1 W2<br>W3 W4 W5 W6<br>C1 | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 P1 P2   |
| EK3               | K1_W06<br>K1_W22<br>K1_W26                                                     | Cel 3 Cel 4     | L1 L2 W7 W8<br>W9 W10 W11<br>C1  | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 P1 P2   |
| EK4               | K1_U13                                                                         | Cel 3 Cel 4     | L1 L2 W7 W8<br>W9 W10 W11<br>C1  | N1 N2 N3 N4           | F1 F2 P1 P2   |

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | Taler J., Duda P. — *Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła*, Warszawa,, 2003, WNT
- [2] | Zarzycki R. — *Wymiana Ciepła i Masy w Inżynierii Środowiska*, Warszawa,, 2005, WNT

### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | Lewicki P. — *Inżynieria procesowa i aparatura przemysłu spożywczego*, Warszawa, 2005, WNT
- [2] | Hobler T. — *Ruch ciepła i wymienniki*, Warszawa,, 1959, WNT

## 12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

### OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż., prof. PK Marcin Trojan (kontakt: marcin.trojan@pk.edu.pl)

### OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 dr hab. inż. Marcin Trojan (kontakt: marcin.trojan@pk.edu.pl)
- 2 dr inż. Piotr Cisek (kontakt: cisekpiotr@mech.pk.edu.pl)



## 13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

---

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

**PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI** (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....

.....