

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2020/2021

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 W JĘZYKU ANGIELSKIM	
KOD PRZEDMIOTU	WIŚIE EN oIN C27 20/21
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	4.00
SEMESTRY	4

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

SEMESTR	WYKŁAD	CWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- 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 cieplne).

**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 OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA 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	Doswiadczalne wyznaczanie współczynnika przewodzenia ciepła w ciałach stałych. Określanie oporu kontaktowego na styku ciał stałych. Doswiadczalne wyznaczanie współczynnika przenikania ciepła. Badanie wymiany ciepła przy przepływie laminarnym i turbulentnym.	7

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA 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 OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W4</b>	Wykorzystanie współczynników kształtu. Metoda objętości 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 OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA 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 NA ZREALIZOWANIE 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	20
Opracowanie wyników	20
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	20
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>100</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	4.00

## 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 K1_W22 K1_W26	Cel 1 Cel 2	L1 L2 W1 W2 W3 W4 W5 W6 C1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1 P2
EK2	K1_U13	Cel 1 Cel 2	L1 L2 W1 W2 W3 W4 W5 W6 C1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1 P2
EK3	K1_W06 K1_W26	Cel 3 Cel 4	L1 L2 W7 W8 W9 W10 W11 C1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1 P2
EK4	K1_U02 K1_U08 K1_U13	Cel 3 Cel 4	L1 L2 W7 W8 W9 W10 W11 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

---

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

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

.....

.....