

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2018/2019

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: E

Stopień studiów: I

Specjalności: Energetyka odnawialna, Systemy i urządzenia energetyczne

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Wymiana ciepła i masy
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Heat and mass transfer
KOD PRZEDMIOTU	E109
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty podstawowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	5.00
SEMESTRY	5

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

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
5	30	15	15	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). Zapoznanie się z analitycznymi i numerycznymi metodami rozwiązywania przewodzenia ciepła. Zapoznanie się z podstawami wymiany masy, procesami wymiany masy: dyfuzyjny ruch masy, konwekcyjny ruch masy, wnikanie masy. 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 Umiejętności** Posiada umiejętność wyznaczania przekazywanego ciepła w stanach ustalonych i nieustalonych

**EK2 Wiedza** Posiada wiedzę na temat ustalonej i nieustalonej wymiany ciepła na drodze przewodzenia, konwekcji i promieniowania.

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

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

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

LABORATORIUM		
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)	4
L2	Doświadczalne wyznaczanie współczynnika przewodzenia ciepła w ciałach stałych. Określanie oporu kontaktowego na styku ciał stałych. Doświadczalne wyznaczanie współczynnika przenikania ciepła. Badanie wymiany ciepła przy przepływie laminarnym i turbulentnym.	11

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	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 stężenia fazy gazowej i fazy ciekłej. Przeliczanie współczynników wnikania masy w zależności od sposobu wyrażenia siły napędowej procesu.	15

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Podstawy wymiany ciepła. Przewodzenie ciepła. Konwekcyjna wymiana ciepła. Promieniowanie. Równanie różniczkowe przewodzenia ciepła. Warunki jednoznaczności rozwiązania równania przewodzenia ciepła. Warunki brzegowe. Wielowymiarowe ustalone przewodzenie ciepła. Metoda analityczna, przybliżona, graficzna. Wykorzystanie współczynników kształtu. Metoda objętości skończonej i różnic skończonych. Nieustalone przewodzenie ciepła. Metoda Fouriera i Laplacea. Podstawy wymiany masy. Określenie składu mieszaniny. Dyfuzja ustalona. Prawo Ficka. Współczynnik dyfuzji. Różniczkowy bilans masy. Ruch masy w turbulentnym przepływie płynu. Modele wnikania masy. Współczynnik wnikania i przenikania masy. Analogia między dyfuzyjnym ruchem masy i ruchem ciepła. Charakterystyka wymienników masy.	30

## 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	60
Konsultacje przedmiotowe	5
Egzaminy i zaliczenia w sesji	5
<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	30
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	30
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>150</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

### KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Potrafi wyznaczyć przekazywane ciepło w stanach ustalonych dla dowolnych ciał i w stanach nieustalonych w ciałach o prostych kształtach
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-
NA OCENĘ 5.0	-
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Zna metody do obliczania ustalonego i nieustalonego rozkładu temperatury. Potrafi wyprowadzić ogólne równanie przewodzenia ciepła w ciele izotropowym z uwzględnieniem wewnętrznych źródeł ciepła
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-
NA OCENĘ 5.0	-
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Zna sposoby wymiany masy oraz podstawowe prawa opisujące ruch masy
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-

NA OCENĘ 5.0	-
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Potrafi tworzyć bilanse masowe i molowe dla wieloskładnikowych mieszanin gazowych. Potrafi wyznaczyć współczynnik dyfuzji oraz współczynnik wnikania masy dla różnych przypadków. Potrafi obliczyć wymienianą masę w wybranych urządzeniach.
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-
NA OCENĘ 5.0	-

## 10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓLOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K1_W05 K1_U11	Cel 1	L1 C1 W1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1
EK2	K1_W05 K1_U11	Cel 1	L1 C1 W1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1
EK3	K1_W05 K1_U11	Cel 1	L1 C1 W1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1
EK4	K1_W05 K1_U11	Cel 1	L1 C1 W1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 P1

## 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. 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)

.....  
.....