

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2021/2022

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Odnawialne źródła energii i infrastruktura komunalna

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: 8

Stopień studiów: II

Specjalności: bez specjalności

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Wymiana ciepła i wymienniki ciepła
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Heat transfer and heat exchangers
KOD PRZEDMIOTU	WIŚIE OZEIIK oIIS C1 21/22
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	5.00
SEMESTRY	1

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	CWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
1	15	15	15	0	15	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Poznanie praw fizycznych rządzących złożoną i nieustaloną wymianą ciepła oraz opisu matematycznego zjawisk przepływowo-ciepłych i umiejętność stosowania ich w obliczeniach inżynierskich.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

- 1 Wiedza i umiejętności z zakresu Matematyki, Fizyki, Termodynamiki technicznej, Mechaniki płynów i Aeromechaniki.

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Poznanie fizycznych praw rządzących złożoną wymianą ciepła oraz opisu matematycznego zjawisk przepływowo-ciepłych.

EK2 Umiejętności Umiejętność określania wielkości strumieni ciepła i pola temperatur w elementach konstrukcyjnych, urządzeniach i instalacjach przemysłowych o złożonych geometriach.

EK3 Wiedza Poznanie budowy i zastosowań wybranych typów wymienników ciepła oraz inżynierskich metod obliczeń ciepłych wymienników ciepła.

EK4 Umiejętności Umiejętność obliczeń ciepłych i przepływowych wymienników ciepła.

EK5 Kompetencje społeczne Odpowiedzialność za rzetelność pracy. Postępowanie zgodnie z zasadami etyki.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

CWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Ćwiczenia audytoryjne stanowią ilustrację zadaniową do zagadnień podawanych na wykładach. W ramach ćwiczeń studenci rozwiązują problemy (zaawansowane zadania) ze wszystkich działów przedmiotu podanych wyżej.	15

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Jednowymiarowe ustalone przewodzenie ciepła. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody płaskie, cylindryczne i sferyczne, jedno- i wielowarstwowe.	2
W2	Wymiana ciepła w żebrach i przez powierzchnie ożebrowane. Nieustalone przewodzenie ciepła przy małym oporze cieplnym (ciało o skupionej pojemności cieplnej).	3
W3	Jednowymiarowe nieustalone przewodzenie ciepła w półprzestrzeni i przegrodach o skończonej grubości przy różnych warunkach brzegowych. Szczegółowe metody obliczeniowe. Przykłady.	2
W4	Konwekcyjna wymiana ciepła, konwekcja naturalna i wymuszona. Ustalona wymiana ciepła przy przepływie płynu w rurociągu.	2
W5	Złożona wymiana ciepła przez przewodzenie, konwekcję i promieniowanie. Zaawansowane metody obliczeniowe w złożonej wymianie ciepła, przykłady.	3

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W6	Wymienniki ciepła: konstrukcja oraz inżynierskie metody obliczeń: metoda bazująca na średniej logarytmicznej różnicy temperatur czynników, metoda Epsilon-NTU i metoda P-NTU. Obliczenia projektowe i konstrukcja wymienników.	3

LABORATORIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
L1	Ćwiczenia laboratoryjne są ćwiczeniami pomiarowymi z zakresu: wyznaczanie stałej czasowej termometru, badania wymienników ciepła woda-woda, badania wymienników ciepła woda-powietrze, wyznaczanie współczynnika przewodzenia ciepła (za pomocą aparatu rurowego).	15

PROJEKT		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
P1	W ramach ćwiczeń projektowych studenci wykonują indywidualny projekt zadanego wymiennika ciepła z obliczeniami sprawdzającymi lub konstrukcyjnymi.	15

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Zadania tablicowe

N3 Ćwiczenia laboratoryjne

N4 Ćwiczenia projektowe

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	60
Konsultacje przedmiotowe	15
Egzaminy i zaliczenia w sesji	15
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	20
Opracowanie wyników	15
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	5
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	130
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	5.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Zadanie tablicowe

F2 Odpowiedź ustna

F3 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

F4 Projekt indywidualny

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny i ustny

P2 Średnia ważona z ocen formujących i z egzaminu

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Egzamin pisemny i ustny; do egzaminu dopuszczone są osoby, które uczęszczały na zajęcia zgodnie z wymaganiami Regulaminu Studiów na PK. Egzamin obejmuje zadania i teorię.

W2 Tryb zaliczenia: wykładu - w ramach egzaminu ustnego, ćwiczeń audytoryjnych - w ramach egzaminu sprawdzian pisemny z umiejętności rozwiązywania zadań; ćwiczeń projektowych - wykonanie indywidualnego projektu zadanego wymiennika ciepła z obliczeniami sprawdzającymi lub konstrukcyjnymi, sprawozdanie, sprawdzian pisemny z zakresu wykonywanego ćwiczenia; ćwiczeń laboratoryjnych - wykonanie ćwiczeń pomiarowych, sprawozdania, sprawdzian pisemny z zakresu wykonywanego ćwiczenia. Wszystkie oceny cząstkowe muszą być pozytywne (co najmniej 3,0).

W3 Struktura ocena końcowej: $0,2 \times \text{ocena z egzaminu (teoria)} + 0,5 \times \text{ocena z egzaminu (zadania)} + 0,15 \times \text{ocena z ćwiczeń projektowych} + 0,15 \times \text{ocena z ćwiczeń laboratoryjnych}$.

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Nie zna praw fizycznych rządzących złożoną wymianą ciepła, nie zna zasad opisu matematycznego zjawisk przepływowo-cieplnych; w części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 0-59% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania. Ocena 2 (niedostateczna) również w przypadku oszustwa dokonanego przez studenta na egzaminie lub zaliczeniu, niesamodzielności pracy, ściąganiu i udostępnianiu innym zdającym ściąg, zdawaniu za innego studenta itp.
NA OCENĘ 3.0	Zna prawa fizyczne rządzące złożoną wymianą ciepła, zna zasady opisu matematycznego zjawisk przepływowo-cieplnych; w części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 60-75% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 3.5	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 76-80% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 4.0	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 81-85% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 4.5	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 86-90% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 5.0	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 91-100% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Nie posiada umiejętności określania wielkości strumieni ciepła i pola temperatur w elementach konstrukcyjnych, urządzeniach i instalacjach przemysłowych o złożonych geometriach; w części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 0-59% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania. Ocena 2 (niedostateczna) również w przypadku oszustwa dokonanego przez studenta na egzaminie lub zaliczeniu, niesamodzielności pracy, ściąganiu i udostępnianiu innym zdającym ściąg, zdawaniu za innego studenta itp.
NA OCENĘ 3.0	Posiada umiejętność określania wielkości strumieni ciepła i pola temperatur w elementach konstrukcyjnych, urządzeniach i instalacjach przemysłowych o złożonych geometriach; w części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 60-75% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 3.5	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 76-80% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 4.0	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 81-85% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 4.5	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 86-90% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 5.0	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 91-100% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.

EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Nie zna budowy i zastosowań wybranych typów wymienników ciepła; w części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 0-59% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania. Ocena 2 (niedostateczna) również w przypadku oszustwa dokonanego przez studenta na egzaminie lub zaliczeniu, niesamodzielności pracy, ściąganiu i udostępnianiu innym zdającym ściąg, zdawaniu za innego studenta itp.
NA OCENĘ 3.0	Zna budowę i zastosowania wybranych typów wymienników ciepła; w części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 60-75% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 3.5	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 76-80% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 4.0	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 81-85% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 4.5	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 86-90% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 5.0	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 91-100% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Nie zna zasad bilansowania wymienników ciepła, nie wykonał projektu lub projekt wykonał błędnie lub nie zaliczył projektu; w części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 0-59% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania. Ocena 2 (niedostateczna) również w przypadku oszustwa dokonanego przez studenta na egzaminie lub zaliczeniu, niesamodzielności pracy, ściąganiu i udostępnianiu innym zdającym ściąg, zdawaniu za innego studenta itp.
NA OCENĘ 3.0	Posiada umiejętność bilansowania wymienników ciepła potwierdzoną prawidłowo wykonanym i zaliczonym projektem; w części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 60-75% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 3.5	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 76-80% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 4.0	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 81-85% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 4.5	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 86-90% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
NA OCENĘ 5.0	W części egzaminu dotyczącej tego efektu kształcenia student uzyskał 91-100% punktów za prawidłowe odpowiedzi/rozwiązania.
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	

NA OCENĘ 2.0	Ocena 2 (niedostateczna) w przypadku oszustwa dokonanego przez studenta na egzaminie lub zaliczeniu, niesamodzielnosci pracy, ściąganiu i udostępnianiu innym zdającym ściąg, zdawaniu za innego studenta itp.
NA OCENĘ 3.0	Wykazuje rzetelność w nauce. Postępuje zgodnie z zasadami etyki.
NA OCENĘ 3.5	Wykazuje rzetelność w nauce. Postępuje zgodnie z zasadami etyki.
NA OCENĘ 4.0	Wykazuje rzetelność w nauce. Postępuje zgodnie z zasadami etyki.
NA OCENĘ 4.5	Wykazuje rzetelność w nauce. Postępuje zgodnie z zasadami etyki.
NA OCENĘ 5.0	Wykazuje rzetelność w nauce. Postępuje zgodnie z zasadami etyki.

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

EFEKT KSZTAŁCENIA	ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K_W03	Cel 1	C1 W1 W2 W3 W4 W5 W6 L1 P1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 F3 F4 P1
EK2	K_W08	Cel 1	C1 W1 W2 W3 W4 W5 W6 L1 P1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 F3 F4 P1
EK3	K_W05	Cel 1	C1 W1 W2 W3 W4 W5 W6 L1 P1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 F3 F4 P1
EK4	K_W10	Cel 1	C1 W1 W2 W3 W4 W5 W6 L1 P1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 F3 F4 P1
EK5	K_W03	Cel 1	C1 W1 W2 W3 W4 W5 W6 L1 P1	N1 N2 N3 N4	F1 F2 F3 F4 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **R. Zarzycki** — *Wymiana ciepła i ruch masy w inżynierii środowiska*, Warszawa, 2010, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne
- [2] | **E. Kostowski** — *Przepływ ciepła*, Gliwice, 2006, Politechnika Śląska
- [3] | **S. Wiśniewski, T. Wiśniewski** — *Wymiana ciepła*, Warszawa, 2017, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
- [4] | **E. Kostowski i in.** — *Zbiór zadań z przepływu ciepła*, Gliwice, 2006, Politechnika Śląska
- [5] | **R. Domański** — *Wymiana ciepła, Wykorzystanie programu MathCad do obliczeń i analizy procesów wymiany ciepła*, Warszawa, 2019, Wydawnictwa Naukowe Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Lotnictwa
- [6] | **P. Furmański, R. Domański** — *Wymiana ciepła, Przykłady obliczeń i zadania*, Warszawa, 2004, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA

- [1] | **Cz. Oleśkowicz-Popiel, J. Wojtkowiak** — *Eksperymenty w wymianie ciepła*, Poznań, 2007, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej
- [2] | **W. Pudlik** — *Wymiana i wymienniki ciepła*, Gdańsk, 2012, Politechnika Gdańska
- [3] | **T. Hobler** — *Ruch ciepła i wymienniki*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1986, Warszawa
- [4] | **G. Nellis, S. Klein** — *Heat Transfer*, New York, 2010, Cambridge University Press

LITERATURA DODATKOWA

- [1] | **D. Taler** — *Dynamika rurowych wymienników ciepła, Rozprawy, habilitacje nr 193*, Kraków, 2009, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH
- [2] | **D. Taler** — *Obliczenia i badania eksperymentalne wymienników ciepła, Tom 1 i 2*, Kraków, 2016, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej
- [3] | **D. Taler** — *Modelling and Experimental Testing of Heat Exchangers, Studies in Systems, Decision and Control 161*, Cham, Switzerland, 2019, Springer

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

prof. dr hab. inż. Dawid Taler (kontakt: dtaler@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

- 1 prof. dr hab. inż. Dawid Taler (kontakt: dtaler@pk.edu.pl)
- 2 mgr inż. Katarzyna Węglarz (kontakt: katarzyna.weglarz@pk.edu.pl)
- 3 dr inż. Jan Wrona (kontakt: jwrona@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)



PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....
.....
.....