

# POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

## KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2015/2016

Wydział Mechaniczny

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: E

Stopień studiów: II

Specjalności: Energetyka odnawialna, Klimatyzacja, wentylacja i ochrona powietrza, Systemy i urządzenia energetyczne, Urządzenia i instalacje ochrony środowiska

### 1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Wymiana ciepła
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Heat transfer
KOD PRZEDMIOTU	WM ENERG oIIS B5 15/16
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty podstawowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	3.00
SEMESTRY	1

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

SEMESTR	WYKŁAD	ĆWICZENIA	LABORATORIUM	LABORATORIUM KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
1	15	15	0	0	0	0

### 3 CELE PRZEDMIOTU

**Cel 1** Poznanie podstawowych mechanizmów wymiany ciepła oraz nabycie umiejętności obliczania przepływu ciepła przez przewodzenie, konwekcję oraz promieniowanie. Studenci zapoznają się również z podstawowymi urządzeniami stosowanymi w technice cieplnej. Studenci będą potrafili obliczyć oraz zaprojektować termoizolację budynków. Zdobędą również umiejętność obliczania cieplnego i hydraulicznego wymienników ciepła.

Poznają również sposoby zmniejszenia błędów dynamicznych w pomiarach nieustalonych temperatur płynów. Zapoznają się z projektowaniem ekranów cieplnych zmniejszających wymianę ciepła przez promieniowanie.

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

1 Podstawowe wiadomości z analizy matematycznej oraz termodynamiki.

## 5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

**EK1 Wiedza** Zna prawo Fouriera. Zna równanie ustalonego i nieustalonego przewodzenia ciepła.

**EK2 Wiedza** Zna korelacje do wyznaczania współczynników wnikania ciepła przy przepływie w przewodach zamkniętych oraz zna metodykę wyprowadzenia współczynnika przenikania ciepła. Zna teoretyczne podstawy wymiany ciepła przez powierzchnie rozwinięte.

**EK3 Wiedza** Zna rodzaje wymienników ciepła i sposób ich obliczania. Zna podstawowe prawa rządzące wymianą ciepła przez promieniowanie, oraz zna cel stosowania ekranów cieplnych.

**EK4 Umiejętności** Potrafi wyprowadzić ustalone rozkłady temperatury w ściankach płaskich, walcowych i kulistych. Potrafi wyprowadzić wzory na współczynniki przenikania ciepła przez przegrody wielowarstwowe płaskie, walcowe i kuliste.

**EK5 Umiejętności** Potrafi wyprowadzić wzór na wymianę ciepła przez żebra o dowolnych kształtach. Potrafi wyprowadzić wzór na rozkład temperatury i sprawność żebra prostego o stałej grubości. Potrafi wyprowadzić wzór na zredukowany współczynnik przenikania ciepła przez powierzchnię ożebrowaną.

**EK6 Umiejętności** Potrafi wyprowadzić wzór na przebieg nieustalonej temperatury ciała o skupionej pojemności cieplnej oraz wyznaczyć wzór na dynamiczny błąd pomiaru za pomocą termometru przy skokowej zmianie temperatury czynnika.

**EK7 Umiejętności** Potrafi wyznaczyć podstawowe liczby kryterialne w przewodzeniu ciepła i konwekcji oraz zastosować korelacje na liczby Nusselta do obliczania konwekcyjnego współczynnika wnikania ciepła.

**EK8 Umiejętności** Potrafi wyprowadzić wzór na rozkład temperatury czynnika i ścianki kanału (rurociąg, komin).

**EK9 Umiejętności** Potrafi wyprowadzić równania różniczkowe opisujące ustaloną wymianę ciepła w wymiennikach typu rura w rurze oraz wyprowadzić wzór na średnią logarytmiczną różnicę temperatury.

**EK10 Umiejętności** Potrafi wyprowadzić wzór na radiacyjną wymianę ciepła między dwoma powierzchniami dowolnie do siebie nachylonymi. Potrafi też wyprowadzić wzór na wymianę ciepła pomiędzy dwoma płytami. Potrafi ocenić błąd pomiaru temperatury gazu o wysokiej temperaturze wynikający z promieniowania termometru na otaczające powierzchnie. Potrafi wyznaczyć strumień ciepła wymieniany między dwoma powierzchniami płaskimi przy zastosowaniu ekranów cieplnych.

## 6 TREŚCI PROGRAMOWE

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Prawo Fouriera, wyprowadzenie równania nieustalonego przewodzenia ciepła w kartezjańskim układzie współrzędnych. Rodzaje warunków brzegowych oraz warunek początkowy.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>W2</b>	Wyprowadzenie wzorów na ustalone rozkłady temperatury w ściankach płaskich, cylindrycznych i kulistych. Wyprowadzenie wzoru na współczynnik przenikania ciepła w przegrodach jedno i wielo-warstwowych - płaskich, cylindrycznych oraz kulistych.	3
<b>W3</b>	Wyprowadzenie równania na nieustalony rozkład temperatury w ciele o skupionej pojemności cieplnej. Rozwiązanie równania przy skokowej zmianie temperatury otaczającego czynnika. Błąd dynamiczny pomiaru temperatury.	1
<b>W4</b>	Rozwinięte powierzchnie wymiany ciepła: żebra i kolki. Wyprowadzenie ogólnego wzoru na przepływ ciepła przez żebra. Wyprowadzenie wzoru na rozkład temperatury i sprawność żebra prostego o stałej grubości. Wyprowadzenie wzoru na zredukowany współczynnik przenikania ciepła dla powierzchni ożebrowanej.	2
<b>W5</b>	Omówienie sposobów wyprowadzania liczb bezwymiarowych. Korelacje na liczbę Nusselta przy przepływach płynów w kanałach zamkniętych. Wyprowadzenie wzoru na ustalony rozkład temperatury czynnika przy jego przepływie przez rurociąg lub komin.	2
<b>W6</b>	Klasyfikacja wymienników ciepła, wyprowadzenie równań różniczkowych opisujących ustaloną wymianę ciepła w wymiennikach współprądowych i przeciwprądowych typu rura w rurze. Wyprowadzenie wzoru na średnią logarymiczną różnicę temperatury.	3
<b>W7</b>	Wymiana ciepła przez promieniowanie, prawo Lamberta. Współczynniki kształtu. Wyprowadzenie wzoru na wymianę ciepła przez promieniowanie między dwoma powierzchniami płaskimi. Ekran ciepły.	2

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
<b>C1</b>	Obliczanie ustalonych rozkładów temperatury w ściankach płaskich, cylindrycznych kulistych.	2
<b>C2</b>	Obliczanie zastępczego współczynnika wnikania ciepła uwzględniającego konwekcję i promieniowanie. Współczynniki przenikania ciepła przez przegrody jedno i wielowarstwowe, płaskie, cylindryczne i kuliste. Krytyczna grubość izolacji cieplnej.	3
<b>C3</b>	Obliczanie czasowego przebiegu temperatury przy nagrzewaniu i ochładzaniu ciała o skupionej pojemności cieplnej. Obliczanie dynamicznego błędu pomiaru temperatury płynu.	2
<b>C4</b>	Obliczanie rozkładu temperatury w żebrze. Obliczanie sprawności żebra. Obliczanie zredukowanego współczynnika wnikania ciepła dla powierzchni ożebrowanych płaskich i rur ożebrowanych.	3

ĆWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C5	Wyznaczanie przebiegu temperatury czynnika w rurociągu i kominie, obliczanie strat ciepła w czasie przesyłu płynu.	1
C6	Obliczanie pola powierzchni wymiennika ciepła typu rura w rurze. Przykład obliczania wymiennika ciepła krzyżowo - prądowego.	3
C7	Obliczanie strumienia ciepła między powierzchniami płaskimi bez ekranów i z ekranami. Obliczanie błędów pomiaru temperatury spalin za pomocą termometrów bez osłony i z osłoną.	1

## 7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Zadania tablicowe

N3 Dyskusja

## 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	30
Konsultacje przedmiotowe	2
Egzaminy i zaliczenia w sesji	4
<b>Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:</b>	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	8
Opracowanie wyników	46
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	0
<b>SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA</b>	<b>90</b>
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	3.00

## 9 SPOSOBY OCENY

### OCENA FORMUJĄCA

F1 Zadanie tablicowe

F2 Kolokwium

F3 Odpowiedź ustna

### OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Egzamin pisemny

P2 Egzamin ustny

### WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Musi zaliczyć na ocenę pozytywną wszystkie efekty kształcenia

W2 Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną z ocene uzyskanych z egzaminu pisemnego i ustnego

### KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Zna prawo Fouriera.
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 korelacje Dittusa-Boeltera do wyznaczania współczynników wnikania 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 podstawowe typy wymienników ciepła oraz metodykę obliczania projektowego i eksploatacyjnego.

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 wyprowadzić wzory na współczynnik przenikania ciepła w ścianie jedno i wielowarstwowej.
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-
NA OCENĘ 5.0	-
EFEKT KSZTAŁCENIA 5	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Zna wzór na rozkład temperatury w żebrze prostym oraz jego sprawność.
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-
NA OCENĘ 5.0	-
EFEKT KSZTAŁCENIA 6	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Potrafi wyprowadzić wzór na niestabilny przebieg temperatury w ciele o skupionej pojemności cieplnej przy skokowej zmianie temperatury czynnika.
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-
NA OCENĘ 5.0	-
EFEKT KSZTAŁCENIA 7	
NA OCENĘ 2.0	-

NA OCENĘ 3.0	Potrafi wyznaczyć wartość liczbową współczynnika wnikania ciepła ze wzoru kryterialnego.
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-
NA OCENĘ 5.0	-
EFEKT KSZTAŁCENIA 8	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Potrafi wyprowadzić wzór na rozkład temperatury czynnika i ścianki kanału (rurociąg, komin).
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-
NA OCENĘ 5.0	-
EFEKT KSZTAŁCENIA 9	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Potrafi wyprowadzić wzór na średnią logarytmiczną różnicę temperatur.
NA OCENĘ 3.5	-
NA OCENĘ 4.0	-
NA OCENĘ 4.5	-
NA OCENĘ 5.0	-
EFEKT KSZTAŁCENIA 10	
NA OCENĘ 2.0	-
NA OCENĘ 3.0	Potrafi wyprowadzić wzór na gęstość strumienia ciepła między dwoma powierzchniami płaskimi z ekranem w środku między dwoma powierzchniami płaskimi przy zastosowaniu ekranów. cieplnych.
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 SZCZEGÓŁOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU	CELE PRZEDMIOTU	TREŚCI PROGRAMOWE	NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	SPOSOBY OCENY
EK1	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C1	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK2	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C5	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK3	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C5 C6	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK4	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C2	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK5	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C4	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK6	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C3	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK7	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C5	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK8	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C5	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK9	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C6	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2
EK10	K2_W02, K2_U05	Cel 1	C7	N1 N2 N3	F1 F2 F3 P1 P2

## 11 WYKAZ LITERATURY

### LITERATURA PODSTAWOWA

- [1 ] Taler J., Duda P. — *Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła*, Warszawa, 2003, WNT
- [2 ] Wiśniewski S., Wiśniewski T. — *Wymiana ciepła*, Warszawa, 2010, WNT



**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA**

- [1 ] Mills A.F. — *Basic Heat Mass Transfer*, Upper Saddle River, 1999, Prentice Hall
- [2 ] Welty J.R, Wicks Ch.E. Wilson R.E Rorrer G.L. — *Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer*, Hoboken, 2007, John Willey & Sons

**12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH****OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ**

prof. dr hab. inż. Jan Taler (kontakt: [taler@mech.pk.edu.pl](mailto:taler@mech.pk.edu.pl))

**OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT**

1 prof. dr hab. inż. Jan Taler (kontakt: [taler@mech.pk.edu.pl](mailto:taler@mech.pk.edu.pl))

2 mgr inż. Paweł Ocioń (kontakt: [poclon@mech.pk.edu.pl](mailto:poclon@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)

.....  
.....