

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Kierunek studiów: Energetyka

Profil: Ogólnoakademicki

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: 11

Stopień studiów: I

Specjalności: Systemy i urządzenia energetyczne

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

NAZWA PRZEDMIOTU	Termodynamika przemian energetycznych i wymiana ciepła
NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM	Thermodynamics of energy conversion and heat transfer
KOD PRZEDMIOTU	WIŚIE EN oIS C9 23/24
KATEGORIA PRZEDMIOTU	Przedmioty kierunkowe
LICZBA PUNKTÓW ECTS	7.00
SEMESTRY	2 3

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

SEMESTR	WYKŁAD	CWICZENIA	LABORATORIA	LABORATORIA KOMPUTERO- WE	PROJEKT	SEMINARIUM
2	15	30	0	0	0	0
3	30	15	0	0	0	0

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Zdobyć wiedzy z zakresu termodynamiki przemian energetycznych

Cel 2 Zdobyć wiedzy z zakresu wymiany ciepła na sposób przewodzenia, konwekcji i promieniowania

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Podstawy fizyki

2 Podstawy termodynamiki

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student posiada wiedzę na temat przemian i obiegów termodynamicznych oraz tworzenia bilansów energii urządzeń i instalacji energetycznych.

EK2 Wiedza Student posiada wiedzę na temat sposobów wymiany ciepła.

EK3 Umiejętności Student posiada umiejętność tworzenia bilansów energii urządzeń i instalacji energetycznych oraz wyznaczania sprawności obiegów termodynamicznych.

EK4 Umiejętności Student posiada umiejętność obliczania przekazywanego ciepła w stanach ustalonych i nieustalonych.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

CWICZENIA		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
C1	Obliczanie pracy bezwzględnej, użytecznej, technicznej. Obliczanie parametrów i funkcji stanu układu termodynamicznego dla zamkniętych układów termodynamicznych poddanych różnym rodzajom przemian termodynamicznych.	10
C2	Pierwsza zasada termodynamiki dla układów otwartych: dysz, dyfuzorów, turbin, elementów dławiących, pomp, sprężarek i wymienników ciepła.	10
C3	Obiegi termodynamiczne silników cieplnych oraz pomp ciepła i ziębiarek. Obieg Carnota. Obieg Clausiusa-Rankine'a. Obieg Diesla. Obieg Otto.	10
C4	Wymiana ciepła przez przewodzenie w ściankach płaskich i cylindrycznych jedno- i wielowarstwowych. Konwekcyjna wymiana ciepła. Przenikanie ciepła.	8
C5	Wymiana ciepła przez powierzchnie ożebrowane. Nieustalone przewodzenie ciepła w ciałach o skupionej pojemności cieplnej.	5
C6	Wymiana ciepła przez promieniowanie.	2

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W1	Przemiany charakterystyczne gazów doskonałych: izotermiczna, izochoryczna, izobaryczna, izentropowa, politropowa.	3

WYKŁAD		
LP	TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH	LICZBA GODZIN
W2	Pierwsza zasada termodynamiki dla układów otwartych. Bilanse energii i masy dla dysz, dyfuzorów, turbin, pomp, sprężarek, elementów dławiących oraz wymienników ciepła.	4
W3	Obiegi termodynamiczne - wiadomości ogólne. Sprawność obiegu termodynamicznego. Sformułowanie drugiej zasady termodynamiki i pojęcie entropii. Obliczanie entropii w przemianach gazów doskonałych oraz układ T,s.	4
W4	Odwracalny obieg Carnota. Termodynamiczna skala temperatur. Obiegi termodynamiczne: Clausiusa-Rankine'a, Braytona-Joule'a, Diesla, Otto.	4
W5	Podstawowe zasady i procesy wymiany ciepła. Wymiana ciepła przez przewodzenie, konwekcję i promieniowanie. Prawo Fouriera. Jednowymiarowe ustalone przewodzenie ciepła. Rozkład temperatury w ściankach płaskich i cylindrycznych (jednowarstwowych i wielowarstwowych). Nieustalone przewodzenie ciepła w ciałach o skupionej pojemności cieplnej. Wymiana ciepła przez powierzchnie ożebrowane i pręty.	12
W6	Mechanizm konwekcyjnej wymiany ciepła. Konwekcja swobodna i wymuszona. Analiza wymiarowa. Przejmowanie ciepła przy wymuszonym opływie ciał oraz przy przepływie przez kanały. Przejmowanie ciepła przy konwekcji swobodnej. Przejmowanie ciepła przy kondensacji pary i przy wrzeniu. Przenikanie ciepła - równanie Pecleta.	8
W7	Wymiana ciepła przez promieniowanie. Podstawowe prawa promieniowania termicznego. Promieniowanie ciała doskonale czarnego. Właściwości radiacyjne powierzchni ciał stałych. Wymiana ciepła przez promieniowanie między równoległymi powierzchniami płaskimi. Wymiana ciepła przez promieniowanie między powierzchnią niewklęsłą a powierzchnią ją otaczającą.	6
W8	Wymienniki ciepła - rodzaje. Średnia logarytmiczna różnica temperatur w wymienniku. Końcowe temperatury czynników w rekuperatorach. Efektywność rekuperatorów.	4

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Prezentacje multimedialne

N3 Zadania tablicowe

N4 Konsultacje

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

FORMA AKTYWNOŚCI	ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI
Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym:	
Godziny wynikające z planu studiów	90
Konsultacje przedmiotowe	50
Egzaminy i zaliczenia w sesji	4
Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym:	
Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury	96
Opracowanie wyników	0
Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji	0
SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA	240
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU	7.00

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Ocena kolokwium

F2 Ocena zadań tablicowych

F3 Ocena egzaminu

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

WARUNKI ZALICZENIA PRZEDMIOTU

W1 Uzyskanie pozytywnych ocen formujących

KRYTERIA OCENY

EFEKT KSZTAŁCENIA 1	
NA OCENĘ 2.0	Brak wiedzy.

NA OCENĘ 3.0	Umiejętność zdefiniowania przemian politropowych (w tym charakterystycznych). Znajomość wzorów na pracę bezwzględną i techniczną dla przemian charakterystycznych. Znajomość uproszczonych wzorów dla wybranych urządzeń przepływowych. Umiejętność zdefiniowania obiegu termodynamicznego i sprawności/współczynnika efektywności cieplnej. Znajomość definicji drugiej zasady termodynamiki. Znajomość omówionych obiegów termodynamicznych i wzorów na ich sprawności.
NA OCENĘ 3.5	Jak na ocenę 3,0 plus znajomość krzywych przemian charakterystycznych na układzie współrzędnych p-v. Znajomość prawo- i lewobieżnych obiegów termodynamicznych i ich schematów. Znajomość wykresów omawianych obiegów termodynamicznych na układzie p-v i T-s.
NA OCENĘ 4.0	Jak na ocenę 3,5 plus znajomość wyprowadzenia wzorów na pracę bezwzględną i techniczną dla przemian charakterystycznych. Znajomość ogólnego wzoru bilansu masy i energii dla układów otwartych. Znajomość definicji entropii.
NA OCENĘ 4.5	Jak na ocenę 4,0 plus znajomość wyprowadzenia uproszczonych wzorów bilansu energii dla wybranych urządzeń przepływowych. Znajomość prawa wzrostu entropii. Znajomość termodynamicznej skali temperatury. Umiejętność opisu przemian termodynamicznych przy wykorzystaniu wykresu w układzie T-s.
NA OCENĘ 5.0	Jak na ocenę 4,5 plus znajomość wyprowadzenia równania Poissona. Znajomość wyprowadzenia równania definicyjnego entropii. Znajomość wyprowadzeń wzorów na sprawność omówionych obiegów termodynamicznych.
EFEKT KSZTAŁCENIA 2	
NA OCENĘ 2.0	Brak wiedzy.
NA OCENĘ 3.0	Znajomość podstawowych definicji z zakresu wymiany ciepła. Znajomość prawa Fouriera (różne postaci wzoru). Znajomość prawa Newtona. Znajomość równania Pecleta. Znajomość wzoru na współczynnik przenikania ciepła dla ścianek płaskich i cylindrycznych. Znajomość wzoru na przebieg temperatury ciał o skupionej pojemności cieplnej i stałą czasową. Znajomość ogólnej korelacji na liczbę Nusselta dla przepływu wymuszonego. Znajomość wzoru na zredukowany współczynnik wnikania ciepła dla powierzchni ożebrowanych. Znajomość podziału wymienników ciepła z ich krótkim opisem. Znajomość rozkładu temperatury wymienników współprądowych i przeciuprądowych, znajomość wzorów na moc cieplną wymiennika. Znajomość pojęć refleksyjności, absorpcyjności, transmisyjności i przypadków szczególnych. Znajomość prawa Plancka i prawa Stefana-Boltzmann. Znajomość wzoru na wymianę ciepła przez promieniowanie.
NA OCENĘ 3.5	Jak na ocenę 3,0 plus znajomość kryterium dla ciał o skupionej pojemności cieplnej. Znajomość wzoru na ilość ciepła przekazywanego przez ciało o skupionej pojemności cieplnej w stanie nieustalonym. Znajomość mechanizmu konwekcyjnej wymiany ciepła. Znajomość modelu ciała doskonale czarnego.
NA OCENĘ 4.0	Jak na ocenę 3,5 plus umiejętność wyprowadzenia wzoru na współczynnik przenikania ciepła dla ścianki płaskiej n-warstwowej i dla ścianki cylindrycznej n-warstwowej. Znajomość ogólnej funkcji liczby Nusselta dla przepływu ustalonego (dla konwekcji naturalnej i wymuszonej). Znajomość wyprowadzenia wzoru na zredukowany współczynnik wnikania ciepła dla powierzchni ożebrowanych.

NA OCENĘ 4.5	Jak na ocenę 4,0 plus znajomość wyprowadzenia wzoru na przebieg temperatury ciała o skupionej pojemności cieplnej w stanie nieustalony. Znajomość wzorów na sprawność żebra prostokątnego i pierścieniowego. Znajomość wyprowadzenia wzoru na wymianę ciepła przez promieniowanie.
NA OCENĘ 5.0	Jak na ocenę 4,5 plus znajomość wyprowadzenia wzoru na ilość ciepła przekazywanego podczas wymiany ciepła. Znajomość wyprowadzenia wzoru na sprawność żebra prostokątnego. Znajomość wyprowadzenia wzoru na średnią logarytmiczną różnicę temperatur w wymiennikach ciepła. Umiejętność wyprowadzenia wzoru prawa Stefana-Boltzmanna.
EFEKT KSZTAŁCENIA 3	
NA OCENĘ 2.0	Brak wiedzy.
NA OCENĘ 3.0	Umiejętność określenia przemiany politropowej, obliczenia pracy bezwzględnej i technicznej. Umiejętność zastosowania uproszczonych wzorów dla wybranych urządzeń przepływowych. Umiejętność określenia sprawności wybranych obiegów termodynamicznych i właściwości czynnika roboczego w obiegu.
NA OCENĘ 3.5	Jak na ocenę 3,0 plus umiejętność narysowania krzywej przemiany termodynamicznej na układzie współrzędnych p-v. Umiejętność wykorzystania jednego wybranego sposobu określania właściwości fizycznych pary wodnej. Umiejętność narysowania schematu i wykresu wybranych obiegów termodynamicznych na układzie p-v i T-s.
NA OCENĘ 4.0	Jak na ocenę 3,5 plus umiejętność samodzielnej analizy przemian termodynamicznych, wyprowadzenia wzoru i obliczenia pracy bezwzględnej i technicznej. Umiejętność wykorzystywania wykresów h-s, tablic dla wody, aplikacji i programów do określenia właściwości fizycznych pary wodnej.
NA OCENĘ 4.5	Jak na ocenę 4,0 plus umiejętność samodzielnego tworzenia bilansów energii dla układów otwartych i wykorzystywania ich w obliczeniach.
NA OCENĘ 5.0	Jak na ocenę 4,5 plus umiejętność samodzielnej analizy obiegów termodynamicznych oraz samodzielnego określania i wykorzystywania w obliczeniach wzorów na sprawność.
EFEKT KSZTAŁCENIA 4	
NA OCENĘ 2.0	Brak wiedzy.
NA OCENĘ 3.0	Umiejętność wyznaczenia strumienia ciepła przekazywanego na drodze przewodzenia, wnikania i przenikania przez ścianki płaskie i cylindryczne. Umiejętność określenia stałej czasowej i przebiegu temperatury w ciałach o skupionej pojemności cieplnej. Umiejętność określenia zredukowanego współczynnika wnikania ciepła dla powierzchni ożebrowanej. Umiejętność wyznaczania ilości ciepła przekazywanego przez promieniowanie.
NA OCENĘ 3.5	Jak na ocenę 3,0 plus umiejętność określania rozkładu temperatury w ściankach płaskich i cylindrycznych dla ustalonego przekazywania ciepła. Umiejętność sprawdzenia kryterium dla ciał o skupionej pojemności cieplnej.
NA OCENĘ 4.0	Jak na ocenę 3,5 plus umiejętność określenia ilości ciepła przekazywanego przez ciało o skupionej pojemności cieplnej.

NA OCENĘ 4.5	Jak na ocenę 4,0 plus umiejętność wyznaczenia sprawności żeber prostych prostokątnych i pierścieniowych.
NA OCENĘ 5.0	Jak na ocenę 4,5 plus umiejętność wykorzystania poznanych praw do samodzielnego tworzenia modeli matematycznych zjawisk wymiany ciepła.

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_W02 K1_W07 K1_W25	Cel 1	W1 W2 W3 W4	N1 N2 N4	F3 P1
EK2	K1_W02 K1_W25	Cel 2	W5 W6 W7 W8	N1 N2 N4	F3 P1
EK3	K1_U08 K1_U12 K1_U13	Cel 1	C1 C2 C3	N3 N4	F1 F2 P1
EK4	K1_U08 K1_U13	Cel 2	C4 C5 C6	N3 N4	F1 F2 P1

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] | **Taler Jan, Duda Piotr** — *Rozwiązywanie prostych i odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła*, Warszawa, 2003, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne
- [2] | **Wiśniewski Stefan, Wiśniewski Tomasz S.** — *Wymiana ciepła*, Warszawa, 2012, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne
- [3] | **Incropera Frank P., Dewitt David P., Bergman Theodore L., Lavine Adrienne S.** — *Principles of Heat and Mass Transfer*, Hoboken, NJ, 2013, John Wiley&Sons
- [4] | **Szewczyk Witold, Wojciechowski Jerzy** — *Wykłady z termodynamiki z przykładami zadań. Część I, Procesy termodynamiczne*, Kraków, 2007, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH
- [5] | **Szargut Jan** — *Termodynamika*, Warszawa, 2013, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne
- [6] | **Borgnakke Claus, Sonntag Richard E.** — *Fundamentals of Thermodynamics*, Hoboken, NJ, 2009, John Wiley&Sons

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr hab. inż. Magdalena Jaremkiewicz (kontakt: mjaremkiewicz@pk.edu.pl)

OSOBY PROWADZĄCE PRZEDMIOT

1 dr hab. inż., prof. PK Magdalena Jaremkiewicz (kontakt: magdalena.jaremkiewicz@pk.edu.pl)

13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejscowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)

PRZYJMUJĘ DO REALIZACJI (data i podpisy osób prowadzących przedmiot)

.....