**Nazwa przedmiotu:**

Zrównoważony transport energii

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Jerzy Banaszek

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Energetyka

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NK357

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

2

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Liczba godzin pracy studenta: 60 godzin, obejmuje:
1) 40 godzin kontaktu bezpośredniego, w tym :
a) uczestniczenie w wykładach - 15 godzin,
b) uczestniczenie w ćwiczeniach - 15 godzin,
c) uczestniczenie w konsultacjach - 10 godzin.
2) praca własna studenta 20 godzin, obejmuje: przygotowanie się do dwóch sprawdzianów (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzaminu końcowego.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1,6 punktu ECTS - 40 godzin kontaktu bezpośredniego, w tym :
a) prowadzenie przez nauczyciela wykładów - 15 godzin,
b) prowadzenie przez nauczyciela ćwiczeń - 15 godzin,
c) prowadzenie w konsultacji - 10 godzin.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 15h |
| Ćwiczenia:  | 15h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

**Limit liczby studentów:**

90

**Cel przedmiotu:**

Umiejętność oceny źródeł strat energetycznych oraz znajomość metod ich oceny ilościowej w procesach termodynamicznych występujących w elementach maszyn cieplnych. Znajomość podstawowych mechanizmów wymiany masy oraz jednoczesnej wymiany ciepła i masy i ich zastosowań w technice.

**Treści kształcenia:**

Wykład:
1. Podstawowe mechanizmy transportu energii – praca, ciepło, wymiana masy.
2. Zastosowanie I i II Zasady Termodynamiki w ocenie jakości procesów przenoszenia energii – praca maksymalna, strata pracy, egzergia, sprawność egzergetyczna.
2. Przegląd zjawisk i procesów nieodwracalnych – przepływ z tarciem, wymiana ciepła, mieszanie, ciepło Joule’a, spalanie.
3. Procesy wymiany masy w naturze i technice (nawilżanie, osuszanie, rozpraszanie zanieczyszczeń, migracja wilgoci, ablacja, chłodzenie transpiracyjne, rury cieplne, etc.).
4. Podstawowe pojęcia i mechanizmy przenoszenia składnika w mieszaninie, równania zachowania, nieciągłość koncentracji składnika na granicy dwóch ośrodków.
5. Dyfuzja masy, prawo Ficka, modele jednowymiarowe i ich rozwiązania: dyfuzja składnika w ściance płaskiej i walcowej, dwukierunkowa dyfuzja równomolowa, dyfuzja w nieruchomym gazie (prawo Stefana).
6. Konwekcyjna wymiana masy - konwekcja wymuszona (opływ ścianki i przepływ w kanale), konwekcja naturalna, model warstwy przyściennej, wzory kryterialne.
7. Analogia wymiany ciepła, masy i pędu (porównanie praw, analogia Chiltona-Colburna).
8. Jednoczesna wymiana ciepła i masy, przykłady z natury i techniki.
Ćwiczenia:
1. Obliczenia strat pracy (mocy) w wybranych procesach nieodwracalnych (przepływy z tarciem, wymiana ciepła, mieszanie, ciepło Joule’a, spalanie) i elementach maszyn cieplnych (rurach, zaworach, komorach spalania, silnikach spalinowych i turbo-odrzutowych, chłodziarkach, pompach ciepła, etc.).
2. Obliczenia procesów dyfuzyjnej i konwekcyjnej wymiany masy – analityczne rozwiązania jednowymiarowe, wykorzystanie związków kryterialnych i analogii wymiany masy składnika, pędu i ciepła w procesach utylizacji odpadów, nawęglania stali, nawilżania i osuszania powietrza i materiałów, rozprzestrzeniania się NOx w atmosferze, wyznaczania współczynnika konwekcyjnej wymiany ciepła ciała o złożonej geometrii.

**Metody oceny:**

Dwa sprawdziany (rozwiązywanie zadań) w trakcie semestru i egzamin końcowy. Egzamin składa się z części teoretycznej dla wszystkich słuchaczy oraz zadaniowej dla tych, którzy poprawiają kolokwia. Każde kolokwium oraz część teoretyczna egzaminu muszą być zaliczone, a ocena końcowa jest średnią arytmetyczną ocen ze wszystkich trzech części.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. J. Banaszek, J. Bzowski, R. Domański, J. Sado, „Termodynamika, Przykłady i Zadania”, wydanie II, Oficyna Wydawnicza PW, 2007.
2. Y.A. Cengel, „Heat and Mass Transfer: A Practical Approach”, Third Edition, Mc Graw Hill, 2006.
Dodatkowa literatura:
1. F.P. Incropera, D.P. DeWitt, “Fundamentals of Heat and Mass Transfer”, John Wiley & Sons, Inc., 1998.
2. Bejan, “Convection Heat Transfer”, John Wiley & Sons, Inc., 1984.

**Witryna www przedmiotu:**

www.itc.pw.edu.pl

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NK357\_W1:**

 Zna metody ilościowej oceny strat energetycznych w maszynach cieplnych.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_W1:**

 Zna metody ilościowej oceny strat energetycznych w maszynach cieplnych.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_W2:**

 Zna podstawy fizyki dyfuzyjnej i konwekcyjnej wymiany masy i jej matematycznego modelowania.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_W3:**

Posiada wiedzę o zjawiskach jednoczesnej wymiany ciepła i masy i ich zastosowań w technice.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_W3:**

Posiada wiedzę o zjawiskach jednoczesnej wymiany ciepła i masy i ich zastosowań w technice.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_W06

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NK357\_U1:**

Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie zajęć oraz przeprowadzonej analizy fachowej literatury student potrafi zastosować zasady termodynamiki w bilansach energetycznych i egzergetycznych.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U1:**

Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie zajęć oraz przeprowadzonej analizy fachowej literatury student potrafi zastosować zasady termodynamiki w bilansach energetycznych i egzergetycznych.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U1:**

Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie zajęć oraz przeprowadzonej analizy fachowej literatury student potrafi zastosować zasady termodynamiki w bilansach energetycznych i egzergetycznych.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U1:**

Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie zajęć oraz przeprowadzonej analizy fachowej literatury student potrafi zastosować zasady termodynamiki w bilansach energetycznych i egzergetycznych.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U2:**

 Potrafi dokonać oceny ilościowej zasobów użytecznej energii oraz wielkości strat energetycznych .

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U2:**

 Potrafi dokonać oceny ilościowej zasobów użytecznej energii oraz wielkości strat energetycznych .

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U2:**

 Potrafi dokonać oceny ilościowej zasobów użytecznej energii oraz wielkości strat energetycznych .

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U3:**

 Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie zajęć oraz przeprowadzonej samodzielnie analizy fachowej literatury student potrafi zidentyfikować procesy wymiany ciepła i masy w naturze i technice.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U3:**

 Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie zajęć oraz przeprowadzonej samodzielnie analizy fachowej literatury student potrafi zidentyfikować procesy wymiany ciepła i masy w naturze i technice.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U3:**

 Na podstawie wiedzy uzyskanej w trakcie zajęć oraz przeprowadzonej samodzielnie analizy fachowej literatury student potrafi zidentyfikować procesy wymiany ciepła i masy w naturze i technice.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U19

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U4:**

 Potrafi stosować opis matematyczny i jego rozwiązania w analizie procesów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i maszynach w energetyce.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U18

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U4:**

 Potrafi stosować opis matematyczny i jego rozwiązania w analizie procesów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i maszynach w energetyce.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U09

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_U4:**

 Potrafi stosować opis matematyczny i jego rozwiązania w analizie procesów wymiany ciepła i masy występujących w urządzeniach i maszynach w energetyce.

Weryfikacja:

W trakcie trwania semestru sprawdzian, na zakończenie przedmiotu egzamin.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka ML.NK357\_K1:**

Rozumie ważność i potrzebę kreatywnej działalności inżynierskiej dla rozwoju społecznego i kształtowania stosunków międzyludzkich.

Weryfikacja:

Bieżąca obserwacja i analiza postawy studenta.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK357\_K1:**

Rozumie ważność i potrzebę kreatywnej działalności inżynierskiej dla rozwoju społecznego i kształtowania stosunków międzyludzkich.

Weryfikacja:

Bieżąca obserwacja i analiza postawy studenta.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E2\_K07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**