**Nazwa przedmiotu:**

Termodynamika III

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. inż. Jerzy Banaszek

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Energetyka

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

ML.NK413

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

2

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

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

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

1,6 punktu ECTS - 40 godzin , w tym:
1) prowadzenie przez wykładowców zajęć - 30 godzin, obejmuje:
a) 15 godzin wykładu,
b) 15 godzin ćwiczeń.
2) prowadzenie 10 godzin konsultacji.

**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:**

Podstawy termodynamiki: "Termodynamika I"

**Limit liczby studentów:**

150

**Cel przedmiotu:**

Student nabywa umiejętności wykorzystania zasad termodynamiki w opisach procesów dyssypacji energii oraz zjawisk zachodzących w układach wieloskładnikowych i wielofazowych, w tym: w gazach wilgotnych, w przemianach fazowych w układach jednoskładnikowych i roztworach cieczowo-gazowych oraz w wieloskładnikowych układach z reakcjami chemicznymi.

**Treści kształcenia:**

Wykład (15h):
1. Podstawy wykorzystania zasad termodynamiki w ocenie jakości procesów energetycznych (praca maksymalna, strata pracy, egzeria, sprawność egzergetyczna).
2. Gaz wilgotny jako czynnik termodynamiczny: parametry opisujące, możliwe stany gazu, przemiany gazu wilgotnego.
3. Przemiany fazowe w układach jednoskładnikowych. Warunki równowagi termodynamicznej, entalpia swobodna, prawo Clapeyrona (Clasiusa Clapeyrona). Wykres fazowy układu jednoskładnikowego.
4. Termodynamika układów wieloskładnikowych i wielofazowych: parametry określające stan układu, warunki równowagi termodynamicznej, Reguła Faz Gibbsa, mieszaniny doskonałe i rzeczywiste, parowanie ciekłych roztworów dwu-składnikowych – prawo Raoulta i Daltona, roztwory rzeczywiste, podwyższenie temperatury wrzenia i obniżenie temperatury topnienia roztworu – II Prawo Raoulta, stałe ebulioskopowa i krioskopowa.
5. Elementy Termodynamiki chemicznej: zasady zachowania masy i energii, efekt cieplny reakcji chemicznej, warunki równowagi i kierunek przebiegu reakcji, praca maksymalna i stała szybkości reakcji. Trzecia Zasada Termodynamiki.

Ćwiczenia (15h):
1. Obliczenia strat pracy (mocy) w wybranych procesach nieodwracalnych w elementach maszyn cieplnych (rurach, zaworach, komorach spalania, silnikach spalinowych i turbo-odrzutowych, chłodziarkach, pompach ciepła, etc.);
2. Obliczenia parametrów stanów gazów wilgotnych (w tym w szczególności powietrza wilgotnego) oraz ich zmian w izobarycznych przemianach ogrzewania/ochładzania, mieszania strumieni gazów, nawilżania i osuszania.
3. Obliczenia zmian efektu ciepła przemiany fazowej oraz parametrów układu jednoskładnikowego przy zmianach ciśnienia lub temperatury.
4. Obliczenia parametrów stanu układu wielofazowego. Analiza ilościowa procesów odparowania i skraplania dwuskładnikowego roztworu ciecz- gaz oraz zmian temperatur wrzenia i skraplania roztworu powstałego z rozpuszczenia fazy stałej w cieczy.
5. Obliczenia efektów cieplnych reakcji chemicznych, warunków równowagi termodynamicznej, wyznaczanie kierunku reakcji, obliczenia ciśnieniowej stałej równowagi, składu równowagowego i początkowego reagentów.

**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. J. Sado, „Wybrane zagadnienia z termodynamiki”, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1997.
3. J. Szargut, „Termodynamika techniczna”, wydanie 6, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2011.
4. S. Wiśniewski, „Termodynamika Techniczna”,WNT ,2005.
5. Y.A. Cegel, M. A. Boles “Thermodynamics. An Engineering Approach”, Six Edition, Mc Graw Hill, 2008.

**Witryna www przedmiotu:**

www.meil.pw.edu.pl

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka ML.NK413\_W1:**

Zna metody ilościowej oceny strat energetycznych w procesach przenoszenia energii przez ciepło, pracę i przepływ masy.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W1:**

Zna metody ilościowej oceny strat energetycznych w procesach przenoszenia energii przez ciepło, pracę i przepływ masy.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W1:**

Zna metody ilościowej oceny strat energetycznych w procesach przenoszenia energii przez ciepło, pracę i przepływ masy.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W1:**

Zna metody ilościowej oceny strat energetycznych w procesach przenoszenia energii przez ciepło, pracę i przepływ masy.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W2:**

Posiada wiedzę o termodynamicznych stanach gazów wilgotnych, w tym: w szczególności o przemianach powietrza wilgotnego, na której opiera się analizy analiza układów klimatyzacyjnych, suszarniczych i innych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W2:**

Posiada wiedzę o termodynamicznych stanach gazów wilgotnych, w tym: w szczególności o przemianach powietrza wilgotnego, na której opiera się analizy analiza układów klimatyzacyjnych, suszarniczych i innych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W2:**

Posiada wiedzę o termodynamicznych stanach gazów wilgotnych, w tym: w szczególności o przemianach powietrza wilgotnego, na której opiera się analizy analiza układów klimatyzacyjnych, suszarniczych i innych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W20

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W3:**

Zna metody termodynamicznej analizy przemian fazowych i warunków równowagi w układach jedno- i wieloskładnikowych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W4:**

Zna podstawy termodynamiki chemicznej.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W4:**

Zna podstawy termodynamiki chemicznej.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_W4:**

Zna podstawy termodynamiki chemicznej.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin część zadaniowa i teoretyczna.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_W13

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka ML.NK413\_U1:**

Potrafi zastosować zasady termodynamiki w analizie strat energetycznych w procesach nieodwracalnych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_U1:**

Potrafi zastosować zasady termodynamiki w analizie strat energetycznych w procesach nieodwracalnych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_U1:**

Potrafi zastosować zasady termodynamiki w analizie strat energetycznych w procesach nieodwracalnych.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U23

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_U2:**

Potrafi stosować zasady termodynamiki w określaniu parametrów stanów gazów wilgotnych (w tym: w szczególności powietrza wilgotnego) oraz ich zmian w izobarycznych przemianach ogrzewania/ochładzania, mieszania strumieni gazów, nawilżania i osuszania.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_U2:**

Potrafi stosować zasady termodynamiki w określaniu parametrów stanów gazów wilgotnych (w tym: w szczególności powietrza wilgotnego) oraz ich zmian w izobarycznych przemianach ogrzewania/ochładzania, mieszania strumieni gazów, nawilżania i osuszania.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_U2:**

Potrafi stosować zasady termodynamiki w określaniu parametrów stanów gazów wilgotnych (w tym: w szczególności powietrza wilgotnego) oraz ich zmian w izobarycznych przemianach ogrzewania/ochładzania, mieszania strumieni gazów, nawilżania i osuszania.

Weryfikacja:

Kolokwium 1, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U23

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_U3:**

Potrafi obliczać zmiany parametrów stanu układów jedno i dwuskładnikowych podczas przemian fazowych.

Weryfikacja:

Kolokwium 2, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_U3:**

Potrafi obliczać zmiany parametrów stanu układów jedno i dwuskładnikowych podczas przemian fazowych.

Weryfikacja:

Kolokwium 2, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_U4:**

Potrafi przeprowadzić ilościową analizę termodynamiczną układów z reakcjami chemicznymi, w tym: procesów spalania.

Weryfikacja:

Kolokwium 2, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U11

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka ML.NK413\_U4:**

Potrafi przeprowadzić ilościową analizę termodynamiczną układów z reakcjami chemicznymi, w tym: procesów spalania.

Weryfikacja:

Kolokwium 2, egzamin - część zadaniowa.

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** E1\_U22

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**