**Nazwa przedmiotu:**

Termodynamika procesowa

**Koordynator przedmiotu:**

dr inż. Piotr Machniewski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1070-IC000-ISP-406

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu studiów 45
2. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów etc. 9
3. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych etc. 11
4. Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia etc. 18
Sumaryczny nakład pracy studenta 83

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

-

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

-

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 45h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Podstawy fizyki, chemia fizyczna, analiza matematyczna (rachunek różniczkowy i całkowy), elementy statystyki. Dodatkowo wskazane są podstawowe umiejętności posługiwania się programami obliczeniowymi typu Matlab, MathCad, Mathematica, Excel itp.

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

Przekazanie studentom wiedzy z zakresu podstaw termodynamiki procesowej (bilanse masy i energii, zasady termodynamiki w układach zamkniętych i otwartych, obiegi termodynamiczne, własności fizykochemiczne substancji oraz równowagi fazowe i chemiczne).

**Treści kształcenia:**

Wykład
1. Wprowadzenie: zakres tematyczny przedmiotu i przypomnienie podstawowych pojęć (parametry termodynamiczne przemiany odwracalne i nieodwracalne, główne funkcje termodynamiczne, praca zmiany objętości).
2. Termodynamika układów zamkniętych: I i II zasada termodynamiki, zasada wzrostu entropii.
3. Termodynamika układów otwartych: praca w układzie otwartym, bilanse energetyczny oraz entropowy, dyskusja i zastosowania praktyczne, pojęcia pracy maksymalnej oraz egzergii, straty pracy związane z nieodwracalnością procesu rzeczywistego (prawo Gouya-Stodoli).
4. Termodynamiczne własności płynów: równania stanu i ich ewolucja (równania kubiczne i wirialne, metody graficzne, hipoteza stanów odpowiadających sobie), zastosowania do obliczeń wartości funkcji i parametrów termodynamicznych dla czystych substancji oraz ich mieszanin („reguły mieszania”), wpływ parametrów stanu (poprawki ciśnieniowe), obliczanie parametrów krytycznych, prężność pary nasyconej oraz entalpia i entropia parowania (równania Clausiusa-Clapeyrona, Antoine’a, Wagnera, metody graficzne), pojęcie i zastosowania aktywności ciśnieniowej.
5. Przemiany i obiegi termodynamiczne dla gazów doskonałych i rzeczywistych (przegląd konstrukcji na wykresach termodynamicznych), praca sprężania gazów, obieg Carnota, pojęcia sprawności obiegu, obieg Rankine’a i jego usprawnienia, obiegi chłodnicze, skraplanie gazów (cykl Lindego i jego modyfikacje).
6. Własności transportowe płynów, wpływ temperatury i ciśnienia, metody obliczania tych wartości w różnych warunkach dla czystych substancji i ich mieszanin.
7. Termodynamika roztworów (równania Gibbsa-Duhema oraz Duhema-Margulesa, warunek równowagi termodynamicznej), pojęcia aktywności, reguła Lewisa-Randalla, prawa Raoulta i Henry’ego, przykłady układów rzeczywistych (funkcje mieszania i nadmiarowe, klasyfikacja roztworów).
8. Równowagi fazowe ciecz-para: przegląd równań opisujących zależności nadmiarowej entalpii swobodnej i współczynników aktywności od składu roztworu: r.Wohla, Margulesa, van Laara, Scatcharda-Hamera, Wilsona, Redlicha-Kistera, Renona (NRTL), UNIQUAC, UNIFAC, ASOG; wykresy równowagi fazowej ciecz-para dla układów dwuskładnikowych (zeotropia, azeotropia, hetreo(a)zeotropia), wykresy entalpowe; pojęcia lotności.
9. Równowagi absorpcyjne, rozpuszczalność gazów w cieczach, wpływ temperatury, ciśnienie i składu fazy ciekłej (np. wpływ elektrolitów).
10. Równowagi fazowe ciecz-ciecz (ekstrakcyjne), sposoby ich przedstawiania, metody obliczania, wyznaczanie przebiegu cięciw równowagi.
11. Równowagi fazowe płyn-faza stała: krystalizacyjne (ciecz-ciało stałe), adsorpcyjne (gaz-ciało stałe), suszarnicze (woda-ciało stałe); przegląd sposobów ich opisu; wykresy entalpowe krystalizacyjne.
12. Termodynamika powietrza wilgotnego, zagadnienia klimatyzacji, wykres entalpowy (Moliera).
13. Równowagi chemiczne bilanse materiałowy i energetyczny procesu chemicznego, stała równowagi chemicznej i, pojęcie równowagowego stopnia przemiany, wpływ parametrów stanu (temperatury, ciśnienia i składu) na te wielkości, wykresy entalpowe Bošnjakovicia, reguła przekory.

**Metody oceny:**

1.egzamin pisemny
2. egzamin ustny

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. R. Pohorecki S. Wroński, Kinetyka i Termodynamika Procesów Inżynierii Chemicznej, WNT, 1979.
2. A. Biń, P. Machniewski, Przykłady i zadania z termodynamiki procesowej, OWPW, 2013.
3. S. Michałowski, K. Wańkowicz, Termodynamika procesowa, WNT, 1999.
4. J. Szarawara, Termodynamika chemiczna stosowana, WNT, 2009.
5. G.J. van Wylen, R.E. Sonntag, Fundamentals of Classical Thermodynamics, 3rd ed., J.Wiley&Sons, 1985.
6. K. Wark, Thermodynamics, 5th ed., Mc Graw-Hill, 1986.
7. B.E. Poling, J.M. Prausnitz, J.P. O’Connel, The Properties of Gases and Liquids, Mc Graw-Hill, 2001.
8. Z. Pakowski, M. Głębowski, Symulacja procesów inżynierii chemicznej. Teoria i zadania rozwiązane programem Mathcad,
wyd. PŁ, Łódź 2001.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

Zajęcia prowadzone są w formie zdalnej przy pomocy programu Microsoft Teams.
(forma zajęć wprowadzona w semestrze 2020L z uwagi na ograniczenia wynikające z konieczności zapobiegania rozprzestrzenianiu się COVID-19)
Zaliczenie przedmiotu odbywa się na podstawie egzaminu pisemnego przeprowadzonego w formie zdalnej oraz ustnego w formie wideokonferencji z prowadzącym przy wykorzystaniu programu Microsoft Teams.
Osoby, które zaliczyły „Zagadnienia termodynamiczne w projektowaniu procesowym” na ocenę bardzo dobrą mogą być zwolnione z egzaminu pisemnego.
Do egzaminu ustnego mogą przystąpić tylko studenci, którzy uzyskają ponad połowę maksymalnej liczby punktów z części pisemnej. W czasie egzaminu pisemnego można korzystać jedynie z materiałów udostępnionych przez prowadzącego.
Wszyscy zapisani studenci mogą przystąpić do egzaminu, który organizowany jest w dwóch terminach w sesji letniej oraz dodatkowego terminu w sesji poprawkowej.
Zaliczenie przedmiotu jest uwarunkowane otrzymaniem oceny pozytywnej z egzaminu.
Ocena z końcowa jest wystawiana na podstawie wyników części pisemnej i ustnej egzaminu.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W1:**

Ma wiedzę z zakresu podstaw termodynamiki procesowej (bilanse masy i energii, zasady termodynamiki w układach zamkniętych i otwartych, obiegi termodynamiczne, własności fizykochemiczne substancji oraz równowagi fazowe i chemiczne).

Weryfikacja:

egzamin pisemny, egzamin ustny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_W04, K1\_W05, K1\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** P6U\_W, I.P6S\_WG.o, III.P6S\_WG

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U1:**

Potrafi korzystać z wszelkiego rodzaju informacji i je analizować.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, egzamin ustny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_U01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_UK, P6U\_U, I.P6S\_UW.o, III.P6S\_UW.o

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka KS1:**

Prawidłowo reaguje na problemy związane z pracą inżyniera.

Weryfikacja:

egzamin pisemny, egzamin ustny

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K1\_K02

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P6S\_KR, P6U\_K