**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:**

IC.IK406

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2018/2019

**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 3
3. Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach zaliczeń i egzaminów 6
4. Przygotowanie do zajęć (studiowanie literatury, odrabianie prac domowych itp.) 11
5. Zbieranie informacji, opracowanie wyników -
6. Przygotowanie sprawozdania, prezentacji, raportu, dyskusji -
7. Nauka samodzielna – przygotowanie do zaliczenia/kolokwium/egzaminu 1
8 Sumaryczne obciążenie studenta pracą 83 godz.

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

1,8 ECTS

**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:**

Egzaminu pisemnego oraz ustnego; do egzaminu ustnego mogą przystąpić tylko studenci, którzy uzyskają ponad połowę maksymalnej liczby punktów z części pisemnej.

**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:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt W1:**

Ma wiedzę przydatną do sporządzania bilansów termodynamicznych.

Weryfikacja:

egzamin – część pisemna i ustna

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W05

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03, T1A\_W04

**Efekt W2:**

Ma wiedzę niezbędną do obliczeń złożonych równowag fazowych i chemicznych.

Weryfikacja:

egzamin – część pisemna i ustna

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W06

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03, T1A\_W04

**Efekt W3:**

Ma wiedzę niezbędną do sporządzania bilansów masy, składnika i energii z uwzględnieniem zjawisk przenoszenia pędu, masy i energii.

Weryfikacja:

egzamin - część pisemna i ustna

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W07

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_W03, T1A\_W04, T1A\_W07

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt U1:**

Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, bazy danych oraz innych źródeł; potrafi je interpretować a także wyciągać wnioski i formułować opinie

Weryfikacja:

egzamin – część pisemna i ustna

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U01

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt KS1:**

Prawidłowo identyfikuje i rozstrzyga dylematy związane z wykorzystaniem zawodu inżyniera.

Weryfikacja:

egzamin – część pisemna i ustna

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_K03

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_K05