**Nazwa przedmiotu:**

Termodynamika procesowa

**Koordynator przedmiotu:**

prof. nzw. dr hab. inż. Andrzej Biń, dr inż. Piotr Machniewski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Inzynieria Chemiczna i Procesowa

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

brak

**Semestr nominalny:**

4 / rok ak. 2013/2014

**Liczba punktów ECTS:**

6

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

Godziny kontaktowe 75 godz., w tym: - obecność na wykładach – 45 godz., obecność na ćw. projektowych – 30 godz. Przygotowanie projektów i ich zaliczanie – 30 godz. Przygotowanie do egzaminu i zdawanie egzaminu – 60 godz. Razem nakład pracy studenta: 165 godz. = 6 ECTS

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

Obecność na wykładach – 45 godz. Obecność na ćw. projektowych – 30 godz. Razem: 75 godz. = 3 ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

Przygotowanie projektów i ich zaliczanie – 30 godz. Przygotowanie do egzaminu i zdawanie egzaminu – 60 godz. Razem: 90 godz. = 4 ECTS

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

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 45h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 450h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wykład i projekt: Znajomość matematyki (rachunek różniczkowy i całkowy, równania różniczkowe zwyczajne i cząstkowe, elementy statystyki stosowanej) oraz chemii fizycznej. Wskazana jest umiejętność posługiwania się programami komputerowymi takimi jak Excel i Mathcad.

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

Podstawy termodynamiki procesowej: obejmują one podstawową znajomość bilansów masy i energii, zasady termodynamiki w układach zamkniętych i otwartych, obiegi, własności fizykochemiczne substancji oraz równowagi fazowe i chemiczne. Ćwiczenia projektowe stanowią praktyczną realizację głównych zagadnień omawianych na wykładzie. Składają się z dwóch elementów: ćwiczeń audytoryjnych, podczas których rozwiązywane są przykładowe zadania z zakresu tego przedmiotu; dwóch projektów do samodzielnego rozwiązania w domu. Celem ogólnym tych zajęć jest kształcenie umiejętności rozwiązywania zadań z termodynamiki procesowej z użyciem narzędzi typu Excel (Solver) oraz Mathcad oraz w wyszukiwaniu potrzebnych danych własności termodynamicznych substancji czystych oraz ich mieszanin.

**Treści kształcenia:**

Wykład: Wprowadzenie: zakres tematyczny przedmiotu i przypomnienie podstawowych pojęć (przemiany odwracalne i nieodwracalne, główne funkcje termodynamiczne, praca zmiany objętości); Termodynamika układów zamkniętych: I i II zasada termodynamiki, zasada wzrostu entropii; Termodynamika układów otwartych: praca w układzie otwartym, bilanse energe-tyczny, entropowy oraz egzergetyczny, dyskusja i zastosowania praktyczne, pojęcia pracy maksymalnej oraz egzergii, straty związane z nieodwracalnościami procesu (prawo Gouya-Stodoli); 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, Antoinea, Wagnera, metody graficzne), pojęcie i zastosowania aktywności ciśnieniowej; Przemiany i obiegi termodynamiczne dla gazów doskonałych i rzeczywistych (przegląd konstrukcji na wykresach termodynamicznych), obiegi Carnota, pojęcia sprawności obiegu, obieg Rankinea i jego usprawnienia, obiegi chłodnicze, skraplanie gazów (cykl Lindego i jego modyfikacje); Własności transportowe płynów, wpływ temperatury i ciśnienia, metody obliczania tych wartości w różnych warunkach dla czystych substancji i ich mieszanin; Termodynamika roztworów (równania Gibbsa-Duhema oraz Duhema-Margulesa, warunek równowagi termodynamicznej), pojęcia aktywności, reguła Lewisa-Randalla, prawa Raoulta i Henryego, przykłady układów rzeczywistych (funkcje mieszania i nadmiarowe, klasyfikacja roztworów); Równowagi fazowe ciecz-para: przegląd równań opisujących równowagi fazowe: Wohla, Margulesa, van Laara, Scatcharda-Hamera, Wilsona, Redlicha-Kistera, Renona (NRTL), UNIQUAC, UNIFAC, ASOG; przegląd wykresów równowag fazowych ciecz-para dla układów dwuskładnikowych (azeotropia), wykresy entalpowe; pojęcia lotności; Równowagi absorpcyjne, rozpuszczalność gazów w cieczach, wpływ temperatury, ciśnienie i składu fazy ciekłej; Równowagi fazowe ciecz-ciecz (ekstrakcyjne), sposoby ich przedstawiania, metody obliczania, wyznaczanie przebiegu cięciw równowagi; Równowagi fazowe płyn-faza stała: krystalizacyjne (ciecz-ciało stałe), adsorpcyjne (gaz-ciało stałe), suszarnicze (woda-ciało stałe); przegląd sposobów ich opisu; wykresy entalpowe krystalizacyjne; 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. W ramach ćwiczeń audytoryjnych rozwiązywanie zadań z zakresu: Termodynamika ogólna (Bilans energetyczny; Bilans entropii; Obiegi termodynamiczne; Funkcje termodynamiczne; Własności gazów i cieczy); Równania stanu (Obliczanie własności termodynamicznych czystych substancji; Obliczanie własności termodynamicznych mieszanin gazowych; Parametry krytyczne, normalna temperatura wrzenia, gęstość cieczy; Obliczanie własności transportowych substancji); Obliczanie stanów równowag fazowych (Równowagi fazowe gaz-ciecz; Równowagi fazowe ciecz-ciecz; Równowagi fazowe płyn-faza stała oraz przemiany dla powietrza wilgotnego; Równowagi chemiczne). W ramach projektu: Własności cieczy i gazów (wykonanie pięciu zadań dotyczących obliczeń własności zadanych substancji lub mieszanin); Wykresy termodynamiczne (wykonanie trzech zadań dotyczących obliczeń oraz konstrukcji graficznych obiegów termodynamicznych oraz wyznaczenie stałych w równaniach równowagi fazowej ciecz-para Wilsona lub van Laara dla zadanych układów dwuskładnikowych, przeliczenie na inne warunki temperaturowe oraz wyznaczenie izotermy podstawowej na wykresie entalpowym dla zadanego układu.

**Metody oceny:**

Wykład: Egzamin pisemny (zadania obliczeniowe) dopuszczający do ustnego oraz ustny. Projekt: Kolokwia zaliczeniowe pisemne oraz ustne.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

R. Pohorecki, S. Wroński, Kinetyka i Termodynamika Procesów Inżynierii Chemicznej, WNT 1979. A. Biń, P. Machniewski, Przykłady i zadania z termodynamiki procesowej, OWPW, 2002. S. Michałowski, K. Wańkowicz, Termodynamika procesowa, WNT, 1999. J. Szarawara, Termodynamika Chemiczna, WNT 1993. Laboratorium termodynamiki i kinetyki procesów inżynierii chemicznej, OWPW, 1996. Z. Pakowski, M. Głębowski, Symulacja procesów inżynierii chemicznej. Teoria i zadania rozwiązane programem Mathcad, WPŁ, ŁódŹ 2001. G.J. Van Wylen, R.E. Sonntag, Fundamentals of Classical Thermodynamics, Wiley, 1985. K. Wark, Thermodynamics, Mc Graw-Hill, 1986. R.C. Reid, J.M. Prausnitz, B.E. Poling, Properties of Gases and Liquids, Mc Graw-Hill, 1986.

**Witryna www przedmiotu:**

http://www.ichip.pw.edu.pl/wydzial/zaklady/zkitp/materialy/

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt W\_01:**

Ma wiedzę przydatną do sporządzania bilansów termodynamicznych

Weryfikacja:

egzamin – część pisemna i ustna, ustne zaliczanie projektu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W05

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

**Efekt W\_02:**

Ma wiedzę niezbędną do obliczeń złożonych równowag fazowych i chemicznych

Weryfikacja:

egzamin – część pisemna i ustna, ustne zaliczanie projektu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W06

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt U\_01:**

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, ustne zaliczanie projektu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U01

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U01

**Efekt U\_02:**

Potrafi posługiwać się podstawowymi programami komputerowymi komercyjnymi oraz potrafi przygotować własne proste programy, wspomagające realizację zadań typowych dla inżynierii chemicznej i procesowej

Weryfikacja:

ustne zaliczanie projektu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U05

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_U08

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt K\_01:**

Potrafi myśleć i działać samodzielnie

Weryfikacja:

egzamin – część pisemna i ustna, ustne zaliczanie projektu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_K04

**Powiązane efekty obszarowe:** T1A\_K06