



Kod przedmiotu	1070-IC000-ISP-406	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Termodynamika procesowa	
			w j. angielskim	Process Thermodynamics	
Kierownik przedmiotu	dr inż. Piotr Machniewski				
Jednostka prowadząca	WICHIP PW	Kierunek studiów	Inżynieria chemiczna i procesowa		
Profil i poziom kształcenia	ogólnoakademicki studia I stopnia stacjonarne	Semestr studiów	4	Specjalność	-
Rodzaj przedmiotu	obowiązkowy		Język zajęć		polski
Forma zaliczenia: Egzamin (Tak/Nie)	Tak	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	45	Sumaryczna liczba ECTS	3
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium
Liczba godzin zajęć	Tygodniowo	3	-	-	-
	łącznie w semestrze	45	-	-	-

I. Wymagania wstępne i dodatkowe

I.1.	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.
------	--

II. Cele przedmiotu

II.1.	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)
-------	---

III. Treści programowe przedmiotu (dla każdego typu zajęć oddzielnie)

III.1. Wykład

Lp.	Treść	Liczba godz.
1.	Wprowadzenie: zakres tematyczny przedmiotu i przypomnienie podstawowych pojęć (parametry termodynamiczne przemiany odwracalne i nieodwracalne, główne funkcje termodynamiczne, praca zmiany objętości).	2
2.	Termodynamika układów zamkniętych: I i II zasada termodynamiki, zasada wzrostu entropii.	3
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
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.	4
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).	4
6.	Własności transportowe płynów, wpływ temperatury i ciśnienia, metody obliczania tych wartości w różnych warunkach dla czystych substancji i ich mieszanin.	3
7.	Termodynamika roztworów (równania Gibbsa-Duhema oraz Duhema-Margulesa, warunek równowagi termodynamicznej), pojęcia aktywności, reguła Lewisa-Randalla, prawa Raoult’a i Henry’ego, przykłady układów rzeczywistych (funkcje mieszania i nadmiarowe, klasyfikacja roztworów).	4
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.	5
9.	Równowagi absorpcyjne, rozpuszczalność gazów w cieczach, wpływ temperatury, ciśnienia i składu fazy ciekłej (np. wpływ elektrolitów).	3
10.	Równowagi fazowe ciecz-ciecz (ekstrakcyjne), sposoby ich przedstawiania, metody obliczania, wyznaczenie przebiegu cięćw równowagi.	3
11.	Równowagi fazowe płyn-faza stała: krystalizacyjne (ciecz-ciało stałe), adsorpcyjne (gaz-ciało stałe), suszarnicze (wodociało stałe); przegląd sposobów ich opisu; wykresy entalpowe krystalizacyjne.	3
12.	Termodynamika powietrza wilgotnego, zagadnienia klimatyzacji, wykres entalpowy (Moliera).	3
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 Bošnjakowicia, reguła przekory.	3

IV. Wykaz efektów uczenia się dla przedmiotu				
Rodzaj efektu	Symbol efektu uczenia się	Odniesienie do kierunkowych efektów uczenia się	Efekt uczenia się	Metody weryfikacji osiągnięcia efektu uczenia się*
WIEDZA				
W1	K1_W04 K1_W05 K1_W07	I.P6S_WG.o III.P56_WG P6U_W	Ma wiedzę z zakresu podstaw termodynamiki procesowej (bilanse masy i energii, zasady termodynamiki w układach zamkniętych i otwartych, obieg termodynamiczny, własności fizykochemiczne substancji oraz równowagi fazowe i chemiczne).	EP/EU
UMIEJĘTNOŚCI				
U1	K1_U01	I.P6S_UW.o III.P6S_UW.o I.P6S_UK P6U_U	Potrafi korzystać z wszelkiego rodzaju informacji i je analizować.	EP/EU
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
KS1	K1_K02	I.P6S_KR P6U_K	Prawidłowo reaguje na problemy związane z pracą inżyniera.	EP/EU
* - Metody weryfikacji: np. egzamin pisemny/ustny (EP/EU), sprawdzian pisemny/ustny (SP/SU), kolokwium (K), wykonanie projektu (WP), sprawozdanie (SPR), referat (R), test (T), praca domowa (PDM), dyskusja (D), seminarium (SEM).				

V. Literatura zalecana i dodatkowa
<ol style="list-style-type: none"> 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. Wańkiewicz, 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.

VI. Nakład pracy studenta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się		
Lp.	Treść	Liczba godz.
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		3