

KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA		
Nazwa modułu/przedmiotu Termodynamika procesowa		Kod
Kierunek studiów Inżynieria farmaceutyczna	Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny) ogólnoakademicki	Rok / Semestr 2/3
Ścieżka obieralności/specjalność -	Przedmiot oferowany w języku: polskim	Kurs (obligatoryjny/obieralny) obligatoryjny
Stopień studiów: pierwszy	Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna) stacjonarna	
Godziny Wykłady 30 Ćwiczenia: 15 Laboratoria: 30 Projekty/seminaria:		Liczba punktów 5
Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) (ogólnouczelniany, z innego kierunku)		
Obszar(y) kształcenia Nauki medyczne i nauki o zdrowiu oraz nauki o kulturze fizycznej Nauki ścisłe		Podział ECTS (liczba i %) 2, 40% 3, 60%
Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca: prof. dr hab. inż. Andrzej Lewandowski e-mail: andrzej.lewandowski@put.poznan.pl tel. 61 665 2309 Wydział Technologii Chemicznej ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań		
Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:		
1	Wiedza:	Student powinien posiadać wiedzę z matematyki w zakresie rachunku różniczkowego i całkowego (K_W2). Student powinien posiadać wiedzę z fizyki, w szczególności mechaniki, w zakresie umożliwiającym zrozumienie termodynamiki procesowej (K_W3).
2	Umiejętności :	Student powinien potrafić samodzielnie korzystać z literatury specjalistycznej oraz wyciągać na jej podstawie samodzielne wnioski (K_U1). Student powinien potrafić realizować samokształcenie (K_U24).
3	Kompetencje społeczne	Student powinien rozumieć potrzebę dokształcania się i podnoszenia swoich kompetencji zawodowych (K_K1).
Cel przedmiotu: Zapoznanie studentów z podstawowymi zagadnieniami z termodynamiki na poziomie akademickim w zakresie: zasad i funkcji termodynamicznych (potencjały termodynamiczne jako siła napędowa procesów, termochemia, standaryzacja funkcji termodynamicznych oraz matematyczne relacje termodynamiczne), (ii) równowag fazowych dla układów jedno- i wieloskładnikowych, (iii) fizykochemii roztworów, (iv) równowag reakcji chemicznych, (v) przepływów, (vi) maszyn cieplnych. Zapoznanie studentów z podstawami termodynamicznych operacji i procesów stosowanych w inżynierii farmaceutycznej: zasad bilansowania i termodynamiki w układach zamkniętych i otwartych w warunkach stacjonarnych i niestacjonarnych, w procesach odwracalnych i nieodwracalnych; własności gazów, cieczy i ciał stałych, a także przemian fazowych pomiędzy nimi.		
Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia		
Wiedza:		
1. Student posiada znajomość podstawowych pojęć i definicji z zakresu termodynamiki. - [K_W3, K_W9] 2. Student posiada znajomość zasad bilansowania oraz zasad termodynamiki - [K_W1, K_W3] 3. Student posiada znajomość opisu właściwości materii oraz przemian fazowych - [K_W3] 4. Student posiada wiedzę na temat obiegów termodynamicznych i ich zastosowania w technice - [K_W1, K_W3] 5. Student posiada wiedzę na temat gazów wilgotnych – [K_W1, K_W3].		
Umiejętności:		
1. Posiada umiejętność pozyskiwania i krytycznej oceny informacji z literatury - [K_U1] 2. Posiada umiejętność wykorzystania zasad bilansowych do podstawowych obliczeń inżynierskich. - [K_U13] 3. Posiada umiejętność analizy zastosowania przemian i obiegów termodynamicznych w technice, w szczególności w zagadnieniach związanych z inżynierią farmaceutyczną. - [K_U14]		

- 4, Potrafi scharakteryzować różne stany materii oraz analizować przemiany tych stanów – {K_U2}
4. Posiada umiejętność samokształcenia. - [K_U05]

Kompetencje społeczne:

1. Student rozumie potrzebę samokształcenia i podnoszenia swoich kompetencji zawodowych. - [K_K1]
2. Student ma świadomość przestrzegania zasad etyki w szeroko pojętym zakresie. - [K_K3]
3, Student ma świadomość konieczności zachowania oraz upowszechniania wzorów właściwego postępowania w kontaktach z innymi osobami. - [K_K8]

Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia

Wykłady - zakończone egzaminem pisemnym.

Laboratorium - bieżąca kontrola w trakcie zajęć, kolokwia po blokach tematycznych; student uzyskuje zaliczenie laboratorium na podstawie punktów uzyskiwanych w trakcie zajęć (z zaplanowania i przeprowadzenia eksperymentu, wykonania sprawozdania oraz odpowiedzi ustnych na kolokwiah)

Ćwiczeń rachunkowych – zaliczenie na podstawie kartkówki (bieżące sprawdzenie wiedzy) i kolokwium (sprawdzenie wiedzy z określonej partii materiału).

Treści programowe

Pierwsza zasada termodynamiki - zasada zachowania energii

Chemia to zmiana konfiguracji klocków (pierwiastków). Efekt energetyczny reakcji chemicznej. Koncepcja energii wewnętrznej. Bilans energetyczny reakcji (procesu) – bilans energii wewnętrznej. Różnica energii zawartej w produktach i substratach wymieniana z otoczeniem. Zasada zachowania energii, jej postać matematyczna (pierwsza zasada termodynamiki). Definicja termodynamiczna pracy, jej rodzaje. Praca elektryczna, zmiany powierzchni, objętościowa. Jak jest magazynowana energia wewnętrzna. Energia cieplna. Średnia energia cieplna cząsteczek. Rozkład Maxwell'a-Boltzman'a. Temperatura, różne jej skale. Skala termodynamiczna temperatury.

Druga zasada termodynamiki – chaos powstaje samorzutnie przy okazji przebiegu procesu

Układ dąży do maksymalnego chaosu – jest to stan najbardziej prawdopodobny. Proste przykłady. Koncepcja entropii jako miary chaosu. Całkowita entropia może rosnąć, ale nie może się zmniejszać (druga zasada termodynamiki). Całkowita zmiana entropii jako suma zmian entropii układu i otoczenia. Zerowa (trzecia) zasada termodynamiki.

Siła napędowa procesów – potencjały termodynamiczne

Praca i ciepło zależą od sposobu prowadzenia procesu. Dlaczego nie używamy w termodynamice wielkości do których jesteśmy przyzwyczajeni (ciepło, praca). Koncepcja funkcji stanu, jej wyrażenie matematyczne. Proces izobaryczny i izochoryczny. Procesy adiabatyczne. Pojęcie entalpii. Ciepło procesu izobarycznego i izochorycznego. Koncepcja energii swobodnej. Entalpia swobodna. Kiedy używać której funkcji ($p = \text{const}$ lub $v = \text{const}$).

Termochemia

Pojemność cieplna. Pomiar ciepła – kalometr. Zależność pojemności cieplnej od temperatury. Różnica pomiędzy C_p i C_v oraz Q_p i Q_v . Równania termochemiczne. Przykłady reakcji ze zmienną ilością składników w fazie gazowej. Ciepło procesu i ciepło substancji. Zależność ciepła procesu izobarycznego i izochorycznego od temperatury.

Standaryzacja funkcji termodynamicznych

Standaryzujemy ciepła substancji a nie procesów z ich udziałem – to redukuje ilość koniecznych danych o wiele rzędów. Arbitralne warunki standardowe ($p = 1 \text{ atm}$, $T = 298 \text{ K}$). Ciepła standardowe substancji – reguły wyznaczania. Nie tabelaryzujemy faktycznej energii wewnętrznej substancji, bo dla wszystkich pierwiastków przyjmujemy wartość zerową. W procesie i tak energia się zbilansuje, bo istnieje zasada zachowania energii. Entropia standardowa – musimy wyznaczyć faktyczną jej wartości, bo nie ma zasady zachowania entropii. Entropia substancji w pobliżu zera K. Kalorymetryczne mierzenie entropii substancji.

Matematyczne relacje termodynamiczne

Zależność energii swobodnej od temperatury oraz objętości. Zależność entalpii swobodnej od temperatury oraz ciśnienia. Zależność entalpii od ciśnienia. Zależność ciśnienia od objętości i temperatury. Zależność energii wewnętrznej od objętości.

Równowagi fazowe – układy jednoskładnikowe

Reguła faz Gibbs'a. Topnienie parowanie, sublimacja. Równowaga ciecz-gaz. Zależność prężności pary cieczy od temperatury: równanie Clausis'a-Clapeyron'a. Krzywe ogrzewania cieczy. Zjawisko wrzenia – temperatura wrzenia. Zależność temperatury wrzenia od ciśnienia. Ciepło parowania, skraplania). Chłodzenie przez odparowanie wody. Kawitacja. Przemiana ciecz – ciało stałe. Zależność temperatury topnienia od ciśnienia. Przemiana ciało stałe – gaz: sublimacja. Zależność prężności pary nad ciałem stałym od temperatury.

Równowagi fazowe – układy jednoskładnikowe, wykresy fazowe

Wykresy zależności ciśnienie-temperatura dla równowag ciecz-gaz, ciecz-ciało stałe oraz ciało stałe-gaz. Wykres fazowy układu jednoskładnikowego. Możliwość występowania stanu stałego w postaci różnych faz. Przykłady wykresów fazowych. 'Nietermodynamiczne' stany materii. Stan szklisty. Temperatura zeszklenia. Struktura szkła. Płyn nadkrytyczny. Nadkrytyczny CO_2 – wykres fazowy, zastosowania.

Równowagi fazowe – układy wieloskładnikowe

Analiza termiczna układu wieloskładnikowego. Wykres fazowy. Równowagi fazowe ciecz – gaz dla układów wieloskładnikowych. Azeotropia. Destylacja. Rektyfikacja. Destylacja próżniowa. Przykład: destylacja ropy naftowej, destylacja alkoholu rolniczego. Równowagi fazowe ciecz – ciało dla układów wieloskładnikowych. Układ dwuskładnikowy z jednym stopem stałym (całkowita mieszalność składników w stanie stałym). Wykres fazowy. Krystalizacja, oczyszczanie. Układ eutektyczny prosty. Wykres fazowy. Parametry eutektyczne. Eutektyki roztworów stałych, wykres fazowy. Układy eutektyczne z połączeniem chemicznym pomiędzy składnikami. Przykłady. Eutektyk tworzony w układach racemicznych. Układ merytektyczny. Układ perytektyczny. Struktura stopów eutektycznych. Stopy metali, przykłady.

Równowaga reakcji chemicznej

Stała równowagi reakcji. Związek stałej r równowagi z energią i entalpią swobodną: izoterma van't Hoff'a. Zależność położenia równowagi od temperatury, izobara i izochora van't Hoff'a. Zależność położenia równowagi od ciśnienia, izoterma

<p>van Laar'a. Przykłady. Obliczanie położenia równowagi i wydajności reakcji z danych termodynamicznych.</p> <p>Termodynamiczny opis roztworów Mieszanie i roztwór. Zmiany objętości podczas mieszania cieczy – brak addytywności. Częstkowa objętość molowa. Ogólnie: cząstkowe wielkości molowe. Wzajemna modyfikacja składników roztworu. Ogólny brak addytywności cząstkowych wielkości molowych. Relacja Gibbs'a-Duhem'a. Potencjał chemiczny, jego zależność od ilości składników i temperatury. Siła napędowa tworzenia samorzutnego roztworów. Warunek równowagi w układach wieloskładnikowych. Standaryzacja potencjału chemicznego. Termodynamika mieszania. Funkcje nadmiarowe. Roztwory doskonałe. Ciepło mieszania. Roztwory rzeczywiste. Przykłady mieszanin, roztworów 'doskonałych' i 'rzeczywistych'.</p> <p>Przepływy Bodziec i przepływ. Przenoszenie masy, ciepła, ładunku i pędu. Dyfuzja, równanie Fick'a dla bodźca zmiennego w czasie (I) lub dla stanu stacjonarnego (II). Współczynnik dyfuzji. Termodyfuzja. Przewodzenie ciepłe, równanie Fourier'a, współczynnik przewodnictwa cieplnego. Przenoszenie pędu, równanie Newtona. Współczynnik lepkości. Ciecze nienewtonowskie. Przepływ ładunków elektrycznych, prawo Ohm'a. Przewodnictwo właściwe.</p> <p>Maszyny cieplne Sinik cieplny. Zasada działania – zbiornik ciepła, chłodnica. Sprawność silnika cieplnego. Cykl Carnot. Sinik parowy. Sinik turbinowy. Sinik Stirling'a. Pompy ciepła, zasada działania. Sprawność chłodziarki i pompy ciepła.</p>		
<p>Literatura podstawowa:</p> <ol style="list-style-type: none"> J. Szarawara, Termodynamika chemiczna stosowana, WNT, Warszawa (2007) H. Buchowski, W. Ufnalski, Podstawy termodynamiki, WNT, Warszawa (1998) H. Buchowski, W. Ufnalski, Fizykochemia gazów i cieczy, WNT, Warszawa (1998) W. Ufnalski, Równowagi chemiczne, WNT, Warszawa (1998) H. Buchowski, W. Ufnalski, Roztwory, WNT, Warszawa (1995) K. Pięgoń, Z. Ruziewicz, Chemia Fizyczna, PWN, Warszawa (2005) P. Atkins, Chemia Fizyczna, PWN, Warszawa (2001) 		
<p>Literatura uzupełniająca:</p> <ol style="list-style-type: none"> S. Michałowski, K. Wańkiewicz, Termodynamika procesowa, WNT, Warszawa (1999) M.E. Poniewski, J. Sado, B. Staniszewski, Termodynamika procesów nierównowagowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej (2008) A. Lewandowski, St. Magas, Wiadomości do ćwiczeń laboratoryjnych z chemii fizycznej, WPP, Poznań 1994 (skrypt nr 1765). Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych z chemii fizycznej 		
<p>Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta</p>		
Czynność		Czas (godz.)
1. wykład		30
2. konsultacje do wykładu		10
3. laboratorium		30
4. przygotowanie do zajęć laboratoryjnych		10
5. konsultacje do zajęć laboratoryjnych		10
6. ćwiczenia rachunkowe		15
7. przygotowanie do ćwiczeń rachunkowych		10
8. konsultacje do ćwiczeń rachunkowych		10
9. przygotowanie do egzaminu		10
10. egzamin		2
<p>Obciążenie pracą studenta</p>		
forma aktywności	godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	122	5
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	77	3
Zajęcia o charakterze praktycznym	45	