



KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Termodynamika

Przedmiot

Kierunek studiów

Technologie Obiegu Zamkniętego

Studia w zakresie (specjalność)

-

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

2/3

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

polski

Wymagalność

obligatoryjny

Liczba godzin

Wykład

30

Laboratoria

0

Inne (np. online)

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

0

Liczba punktów ECTS

3

Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr hab. Maciej Galiński, prof. PP

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

email: maciej.galinski@put.poznan.pl

tel + 48 61 66 52 310

Wydział Technologii Chemicznej

ul. M.Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznan

Wymagania wstępne

Ma wiedzę z zakresu chemii ogólnej (pisanie reakcji chemicznych, przeliczanie stężeń, znajomość szkła laboratoryjnego i podstawowych urządzeń laboratoryjnych).

Ma wiedzę z zakresu matematyki i fizyki umożliwiającą wprowadzenie zagadnień z chemii fizycznej (podstawowe prawa fizyki, aparat różniczkowy).

Potrafi przygotować roztwory o danych stężeniach.

Posiadanie świadomości dalszego poszerzania swoich kompetencji.

Cel przedmiotu

Zapoznanie studentów z 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), równowag fazowych dla układów jedno- i wieloskładnikowych, fizykochemii roztworów, równowag chemicznych, Termodynamiczny opis maszyn cieplnych, cykle termodynamiczne: cykl Carnot, Stirlinga, pompa ciepła.

Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza

Student ma wiedzę z fizyki i chemii pozwalającą zrozumieć zjawiska i przemiany występujące w procesach technologicznych oraz środowiskowych (K_W02).

Student posiada uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu termodynamiki technicznej (K_W17).

Umiejętności

Student potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł związanych z technologiami obiegu zamkniętego, także w języku obcym, integrować je, interpretować oraz wyciągać wnioski i formułować opinie (K_U01).

Student ma umiejętność samokształcenia się, potrafi korzystać zgodnie z zasadami etyki z informacji źródłowych w języku polskim i obcym, czyta ze zrozumieniem, prowadzi analizy, syntezy, podsumowania, krytyczne oceny i poprawne wnioskowanie (K_U04).

Student poprawnie wykorzystuje w dyskusji i właściwie posługuje się nomenklaturą i terminologią z zakresu gospodarki obiegu zamkniętego, chemii, technologii i inżynierii chemicznej, ochrony środowiska oraz dyscyplin z nimi związanych, również w języku obcym (K_U05).

Kompetencje społeczne

Student samodzielnie ustala i realizuje powierzony mu plan działania, określając priorytety służące jego realizacji, krytycznie ocenia stopień zaawansowania w realizacji powierzonego zadania (K_K03).

Obiektywnie ocenia poziom swojej wiedzy oraz umiejętności, rozumie znaczenie podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych adekwatnie do zmieniających się uwarunkowań społecznych oraz postępu nauki (K_K05).

Uczestniczy w dyskusjach i potrafi prowadzić dyskusje, jest otwarty na odmienne opinie i gotowy do asertywnego wyrażania uczuć i uwag krytycznych (K_K08).

Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wykład: egzamin.

Treści programowe

1. Pierwsza zasada termodynamiki - zasada zachowania energii.

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.

2. Druga zasada termodynamiki – chaos powstaje samorzutnie przy okazji przebiegu procesu.

Koncepcja entropii jako miary chaosu. Całkowita entropia może rosnąć, ale nie może się zmniejszać. Całkowita zmiana entropii jako suma zmian entropii układu i otoczenia. Zerowa (trzecia) zasada termodynamiki.

3. 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 $v=\text{const}$).

4. Termochemia.

Pojemność cieplna. Pomiar ciepła – kalorymetr. 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.

5. Standaryzacja funkcji termodynamicznych.

Ciepła standardowe substancji – reguły wyznaczania. Arbitralne warunki standardowe ($p=1 \text{ atm}$, $T=298 \text{ K}$). Standaryzujemy ciepła substancji a nie procesów z ich udziałem – to redukuje ilość koniecznych danych o wiele rzędów. Entropia standardowa – musimy wyznaczać faktyczną jej wartości, bo nie ma zasady zachowania entropii. Entropia substancji w pobliżu zera Kelvina. Kalorymetryczne mierzenie entropii substancji.

6. 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.

7. Gazy.

Koncepcja gazu doskonałego. Gaz rzeczywisty. Współczynnik ściśliwości gazu. Opis gazu rzeczywistego przy pomocy wielomianu (równania wirialnego). Drugi współczynnik wirialny – temperatura Boyle'a. Wyznaczanie drugiego współczynnika wirialnego. Oddziaływania międzycząsteczkowe van der Waals'a. Opis gazu rzeczywistego przy pomocy równania van der Waals'a. Graficzne przedstawienie izoterm gazu



doskonałego i van der Waals'a. Izoterma krytyczna, skraplanie gazów. Parametry krytyczne. Związek parametrów krytycznych ze stałymi i van der Waals'a.

8. Równowagi fazowe – układy jednoskładnikowe.

Reguła faz Gibbs'a. Topnienie parowanie, sublimacja. Równowaga ciec-z-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.

9. Równowagi fazowe – układy jednoskładnikowe, wykresy fazowe.

Wykresy zależności ciśnienie-temperatura dla równowag ciec-z-gaz, ciec-z-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 CO₂ – wykres fazowy, zastosowania.

10. Równowagi fazowe – układy wieloskładnikowe.

Analiza termiczna układu wieloskładnikowego. Wykres fazowy. Równowagi fazowe ciec-z-gaz dla układów wieloskładnikowych. Azeotropia. Destylacja. Rektyfikacja. Destylacja próżniowa. Przykład: destylacja ropy naftowej, destylacja alkoholu rolniczego. Równowagi fazowe ciec-z-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. Układ perytektyczny. Struktura stopów eutektycznych. Sopy metali, przykłady.

11. Równowaga reakcji chemicznej.

Stała równowagi reakcji. Związek stałej 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. Przykłady. Obliczanie położenia równowagi i wydajności reakcji z danych termodynamicznych.

12. Termodynamiczny opis roztworów.

Mieszanina 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'.



13. Fizykochemia roztworów.

Równowaga podziału składnika pomiędzy dwa roztwory ciekłe, prawo podziału Nernst'a, ekstrakcja. Osmoza. Odwrócona osmoza, oczyszczanie wody. Membrany. Temperatura wrzenia i krzepnięcia roztworu substancji nieletnej. Stała ebulioskopowa i krioskopowa rozpuszczalnika. Rozpuszczalność gazów w cieczach – zależność od temperatury i ciśnienia. Rozpuszczalność ciał stałych w cieczach, zależność od temperatury.

14. 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.

15. Maszyny ciepłe.

Sinik ciepły. 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.

Metody dydaktyczne

Wykład: prezentacja multimedialna.

Literatura

Podstawowa

1. K. Pigoń, Z. Ruzewicz, Chemia Fizyczna, PWN Warszawa 2013.
2. P. Atkins, Chemia Fizyczna, PWN Warszawa 2019.

Uzupełniająca

1. P. Atkins, Podstawy Chemii Fizycznej, PWN Warszawa 1999.
2. L. Sobczyk, A. Kiszka, Chemia fizyczna dla przyrodników, PWN Warszawa 1977.
3. J. Minczewski, Chemia analityczna, PWN Warszawa 2005.
4. H. Buchnowski, W. Ufnalski, Wykłady z chemii fizycznej, WNT Warszawa 1998.



Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	75	3,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	38	1,5
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć i egzaminu,) ¹	37	1,5

¹ niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności