

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć: Chemia ciała stałego

Rok akademicki: 2019/2020      Kod: CTCH-2-103-TS-s      Punkty ECTS: 4

Wydział: Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

Kierunek: Technologia Chemiczna      Specjalność: —

Poziom studiów: Studia II stopnia      Forma studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski      Profil: Ogólnoakademicki (A)      Semestr: 1

Strona www: —

Prowadzący moduł: dr hab. inż. Brylewski Tomasz (brylew@agh.edu.pl)

### Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

W ramach modułu student będzie mógł na wykładach zdobyć wiedzę na temat budowy i właściwości ciał stałych. Ponadto zapozna się z podstawami chemii ciała stałego z uwzględnieniem przyczyn i istoty reaktywności w stanie stałym oraz z typami reakcji chemicznych w fazie stałej lub z jej udziałem.

### Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Ma wiedzę w zakresie budowy i własności ciał stałych, a szczególnie ciał stałych o budowie jonowej.	TCH2A_W01	Kolokwium
M_W002	Ma wiedzę z podstaw reaktywności ciał stałych oraz typów reakcji z udziałem fazy stałej.	TCH2A_W01	Kolokwium
Umiejętności: potrafi			

M_U001	1. Umie obliczyć energię sieciową kryształów jonowych oraz prężności rozkładowe. 2. Umie zapisywać reakcje defektowe stosując symbolikę defektów punktowych Krögera-Vinka. Umie opisywać równowagi defektowe w stechiometrycznych i niestechiometrycznych kryształach jonowych. Umie obliczać stężenia defektów punktowych. 3. Posiada znajomość mechanizmów wybranych reakcji z udziałem fazy stałej i obliczania stałych szybkości dla tych reakcji. 4. Umie opisać jakościowo i ilościowo procesy dyfuzji w ciałach stałych.	TCH2A_U02	Kolokwium, Odpowiedź ustna, Prezentacja, Referat
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Umie wspólnie z innymi studentami przygotować i zaprezentować opracowanie wybranego zagadnienia z zakresu fizykochemii ciała stałego w oparciu o literaturę polską i zagraniczną.	TCH2A_K02	Prezentacja

### Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
60	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0

### Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Ma wiedzę w zakresie budowy i własności ciał stałych, a szczególnie ciał stałych o budowie jonowej.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_W002	Ma wiedzę z podstaw reaktywności ciał stałych oraz typów reakcji z udziałem fazy stałej.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi													
M_U001	1. Umie obliczyć energię sieciową kryształów jonowych oraz prężności rozkładowe. 2. Umie zapisywać reakcje defektowe stosując symbolikę defektów punktowych Krögera-Vinka. Umie opisywać równowagi defektowe w stechiometrycznych i niestechiometrycznych kryształach jonowych. Umie obliczać stężenia defektów punktowych. 3. Posiada znajomość mechanizmów wybranych reakcji z udziałem fazy stałej i obliczania stałych szybkości dla tych reakcji. 4. Umie opisać jakościowo i ilościowo procesy dyfuzji w ciałach stałych.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do													
M_K001	Umie wspólnie z innymi studentami przygotować i zaprezentować opracowanie wybranego zagadnienia z zakresu fizykochemii ciała stałego w oparciu o literaturę polską i zagraniczną.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	60 godz
Przygotowanie do zajęć	20 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	5 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	20 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	2 godz
Inne	1 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	110 godz
Punkty ECTS za moduł	4 ECTS

## Pozostałe informacje

## **Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)**

### **Wykład**

#### I. BUDOWA CIAŁA STAŁEGO

##### 1. Istota stanu stałego.

Siły międzyatomowe; wiązania chemiczne; kryształy kowalencyjne, jonowe, cząsteczkowe, metale; wpływ wiązania na właściwości fizykochemiczne ciał stałych; Energia sieciowa kryształów; ciała krystaliczne, półkrystaliczne i bezpostaciowe.

##### 2. Teoria pola krystalicznego i struktura elektronowa ciała stałego.

Wpływ pola krystalicznego na położenie poziomów energetycznych elektronów; model pasmowy ciała stałego, poziom Fermiego; izolatory, półprzewodniki, metale

##### 3. Niedoskonałości budowy ciała stałego. Kryształy rzeczywiste.

Defekty płaskie, liniowe i punktowe; defekty elektronowe; notacja Krögera i Vinka; zdefektowanie samoistne i domieszkowe; roztwory substytucyjne i międzywęzłowe; oddziaływania między defektami; związki o składzie niestechiometrycznym.

##### 4. Powierzchnia ciała stałego.

Strukturalny i chemiczny charakter powierzchni i warstw przypowierzchniowych w ciałach stałych; ruchliwość powierzchni w ciałach stałych; napięcie powierzchniowe i swobodna energia powierzchniowa kryształów rzeczywistych oraz metody ich wyznaczania; równowagowy kształt kryształu, równanie Kelvina.

##### 5. Powierzchnie rozdziału faz stałych.

Morfologia i struktura powierzchni międzyfazowych w ciałach stałych; zjawiska występujące na styku powierzchni dwu ciał stałych; typy granic międzyfazowych; termodynamiczny opis zjawiska adhezji i kohezji.

#### II. DYFUZJA W STANIE STAŁYM

##### 1. Zarys teorii dyfuzji w stanie stałym.

Fenomenologiczny opis dyfuzji; mechanizmy dyfuzji; dyfuzja sieciowa, powierzchniowa i po granicach ziaren; dyfuzja reakcyjna; reakcje kontrolowane przez dyfuzję.

#### III. REAKCJE W STANIE STAŁYM

##### 1. Równowagi fazowe w ciałach stałych.

Równowagi między fazami skondensowanymi; termodynamika równowag fazowych; diagramy fazowe; równowagi fazowe układów jednoskładnikowych; przemiany fazowe I i II rzędu; przemiany pod wysokimi ciśnieniami; układy dwóch substancji wykazujących nieograniczoną lub ograniczoną rozpuszczalność w stanie stałym – roztwory stałe.

##### 2. Reakcje w fazie stałej – kryształy jonowe.

Reakcje w układach jedno- i wielofazowych; równowagi defektowe; reakcje tworzenia się spineli i krzemianów; reakcje zachodzące na granicach faz; reakcje między monokryształami; reakcje w układach polikrystalicznych; reakcje podwójnej wymiany.

##### 3. Reakcje w stanie stałym – metale.

Reakcje w układach jednofazowych – równowagi defektowe; dyfuzja wzajemna w dwuskładnikowych stopach metali; efekt Kirkendalla, tworzenie się związków międzymetalicznych; wydzielanie się faz z przesyconych roztworów stałych;

termodynamiczny i strukturalny model wydzielania się faz.

4. Reakcje ciał stałych z gazami.

Utlenianie metali i stopów; reakcje topochemiczne; termiczny rozkład ciał stałych. kinetyka rozkładu faz.

5. Wybrane reakcje w stanie stałym ważne dla technologii (m. in. szkła, cementu, materiałów ogniotrwałych) – przykłady.

#### **Zajęcia seminaryjne**

1/ Budowa i własności kryształów jonowych. Promienie jonowe. Energia sieci krystalicznej. Cykl Borna-Habera. Roztwory stałe.

2/ Budowa rzeczywistych ciał stałych. Makrodefekty. Powierzchnia i granice międzyziarnowe. Dyslokacje.

3/ Reakcje rozkładu ciał stałych. Prężność rozkładowa. Diagramy Ellinghama-Richardsona.

4/ Teoria pasmowa ciał stałych. Przewodnictwo elektryczne ciał stałych. Domieszkowanie.

5/ Defekty punktowe w kryształach jonowych i symbolika Krögera-Vinka. Termodynamika defektów punktowych. Reakcje defektowe. Defekty punktowe w kryształach stechiometrycznych.

6/. Niestechiometryczność w kryształach jonowych. Równowagi defektowe w kryształach niestechiometrycznych.

7/ Dyfuzja w ciele stałym. Prawa Ficka. Dyfuzja powierzchniowa, po granicach ziaren i objętościowa. Dyfuzja chemiczna.

8/ Przemiany i równowagi fazowe w ciałach stałych.

9/ Reakcje w stanie stałym i ich kinetyka i mechanizm: reakcje topochemiczne, reakcje podwójnej wymiany, reakcje między proszkami.

#### **Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Zajęcia seminaryjne: Na zajęciach seminaryjnych podstawą jest prezentacja multimedialna oraz ustna prowadzona przez studentów. Kolejnym ważnym elementem kształcenia są odpowiedzi na powstałe pytania, a także dyskusja studentów nad prezentowanymi treściami.

#### **Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:**

Warunkiem uzyskania zaliczenia z zajęć seminaryjnych jest uzyskanie co najmniej 50 % punktów z ocen dwóch kolokwίων.

#### **Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:**

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Zajęcia seminaryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci prezentują na forum grupy temat wskazany przez prowadzącego

oraz uczestniczą w dyskusji nad tym tematem. Ocenie podlega zarówno wartość merytoryczna prezentacji, jak i tzw. kompetencje miękkie.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

$$Ok = 0,5W + 0,5S$$

W - ocena z wykładu

S - ocena z seminarium

### **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach należy ustalić indywidualnie z prowadzącym zajęcia.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

Podstawowa wiedza z zakresu krystalografii i krystalochemii, termodynamiki chemicznej oraz matematyki, chemii i fizyki. Znajomość programu Word i Powerpoint. Umiejętność korzystania z literatury obcojęzycznej (język angielski).

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. J. Dereń, J. Haber, R. Pampuch, Chemia Ciała Stałego, Warszawa, 1975
2. N.B. Hannay, Chemia Ciała Stałego, Warszawa, 1972
3. L.V. Azároff, Struktura i własności ciał stałych, Warszawa, 1960
4. S. Mrowec, Defekty struktury i dyfuzja atomów w kryształach jonowych, Warszawa, 1974
5. S. Mrowiec, Teoria dyfuzji w stanie stałym. Wybrane zagadnienia. PWN, W-wa 1989
6. C. Kittel, Wstęp do fizyki ciała stałego, Warszawa, 1976
7. H. Schmalzried, Reakcje w stanie stałym, Warszawa, 1978
8. L.E. Smart, E.A. Moore, Solid State Chemistry, Taylor & Francis Group, USA 2012
9. A.R. West, Basic Solid State Chemistry, John Wiley & Sons, UK 1999

Dodatkowa zalecana literatura z zakresu chemii ogólnej i chemii fizycznej:

1. L. Pajdowski, Chemia ogólna
2. A. Bielański, Chemia ogólna i nieorganiczna
3. L. Sobczyk, A. Kiszka, Chemia fizyczna dla przyrodników

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

Nie podano dodatkowych publikacji

### **Informacje dodatkowe**

Brak