



Chemia ciała stałego

Karta opisu przedmiotu

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Inżynieria Materiałowa Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Poziom kształcenia Studia inżynierskie I stopnia Forma studiów Stacjonarne Profil studiów Ogólnoakademicki		Cykl dydaktyczny 2023/2024 Kod przedmiotu CIMAS.li8.03450.23 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Obowiązkowy Blok zajęciowy Przedmioty podstawowe Przedmiot powiązany z badaniami naukowymi Tak
Koordynator przedmiotu	Zbigniew Grzesik, Marta Radecka	
Prowadzący zajęcia	Zbigniew Grzesik, Marta Radecka, Marek Zajusz, Juliusz Dąbrowa, Anita Trenczek-Zajac, Joanna Klich-Kafel, Anna Kusior, Grzegorz Smoła	
Okres Semestr 4	Forma zaliczenia Egzamin Forma prowadzenia i godziny zajęć Wykład: 30 Ćwiczenia laboratoryjne: 30 Zajęcia seminaryjne: 30	Liczba punktów ECTS 8

Cele kształcenia dla przedmiotu

C1	Przekazanie wiedzy z zakresu podstaw chemii defektów punktowych i dyfuzji w ciałach stałych oraz tej części elektrochemii, która zajmuje się zjawiskami, gdzie dominującą rolę odgrywają ciała stałe.
----	---

Efekty uczenia się dla przedmiotu

Kod	Efekty w zakresie	Kierunkowe efekty uczenia się	Metody weryfikacji
Wiedzy - Student zna i rozumie:			
W1	Student posiada wiedzę w zakresie chemii defektów: notacja, prawa zachowania, postulaty.	IMT1A_W01	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Egzamin, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu
W2	Posiada wiedzę dotyczącą właściwości strukturalnych i transportowych ciał stałych o przewodnictwie jonowym i jonowo-elektronowym	IMT1A_W03	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Egzamin, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu
W3	Student ma uporządkowaną wiedzę na temat zastosowania elektrolitów stałych	IMT1A_W03	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Egzamin
Umiejętności - Student potrafi:			
U1	Student potrafi wykorzystać wiedzę do wyznaczania charakterystyk defektów w związkach stechiometrycznych i niestechiometrycznych.	IMT1A_U02	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Egzamin, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu
U2	Potrafi zaprojektować układ do pomiarów własności elektrolitów stałych	IMT1A_U02, IMT1A_U05	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Egzamin, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu
U3	Zna rolę doboru materiałów o przewodnictwie jonowym i jonowo-elektronowym dla zastosowania w konstrukcji ogniw oraz baterii. Potrafi zaprojektować układ na bazie elektrolitu stałego dla wybranych zastosowań.	IMT1A_U01, IMT1A_U02, IMT1A_U05	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Egzamin, Sprawozdanie
Kompetencji społecznych - Student jest gotów do:			
K1	Student rozumie potrzebę doksztalcania, wyszukiwania informacji w literaturze oraz krytycznej interpretacji eksperymentów. Student jest zaangażowany w pracę zespołową podczas zajęć laboratoryjnych.	IMT1A_K01	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Egzamin, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu
K2	Potrafi pracować w grupie	IMT1A_K02	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Treści programowe obejmują następujące zagadnienia: 1) Chemia defektów punktowych; 2) Podstawy dyfuzji w materiałach; 3) Podstawy elektrochemii; 4) Struktura pasmowa ciał stałych i przewodnictwo ciał stałych; półprzewodniki elektronowe, jonowe i o mieszanym typie przewodnictwa; 5) układy do konwersji energii chemiczną na elektryczną; przegląd ogniów galwanicznych, baterie litowe, ogniwa paliwowe.

Nakład pracy studenta

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane aktywności
Wykład	30
Ćwiczenia laboratoryjne	30
Zajęcia seminaryjne	30
Przygotowanie do zajęć	60
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2
Przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	30
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 212
Liczba godzin kontaktowych	Liczba godzin 90

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Treści programowe

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
1.	1. Diagramy Brouwera (wpływ ciśnienia parcjalego utleniacza na aktywności defektów w kryształach niestechiometrycznych). 2. Efekt elektrochromowy (domieszkowanie, przejście izolator-metal). 3. Przewodnictwo elektryczne. 4. Przewodzenie ciepła (dyfuzja jednoskładnikowa dla różnych warunków brzegowych). 5. Ogniwa paliwowe. 6. Efekty termoelektryczne w ciałach stałych. 7. Ogniwa fotowoltaiczne. 8. Ogniwa fotoelektrochemiczne.	W1, W2, W3, U1, U2, U3, K1, K2	Ćwiczenia laboratoryjne

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
2.	1. Stabilność związków nieorganicznych – rozważania termodynamiczne. 2. Niedoskonałości budowy ciała stałego – kryształy rzeczywiste. 3. Chemia defektów punktowych (I). Równowagi defektowe w związkach o składzie stechiometrycznym. 4. Chemia defektów punktowych (II). Równowagi defektowe w związkach o składzie niestechiometrycznym. 5. Chemia defektów punktowych (III). Równowagi defektowe w związkach o złożonej strukturze defektów. 6. Chemia defektów punktowych (IV). Równowagi defektowe w związkach domieszkowanych. 7. Metodyka badań struktury defektów punktowych (I). Metoda markerów. 8. Metodyka badań struktury defektów punktowych (II). Wyznaczanie odstępstw od stechiometrii. 9. Podstawy dyfuzji. 10. Metodyka badań właściwości transportowych tlenków i siarczków metali przejściowych. 11. Reaktory elektrochemiczne: elektrolizery, ogniwa galwaniczne, ogniwa paliwowe. 12. Przewodnictwo elektronowe i jonowe w materiałach krystalicznych: opis strukturalny, defekty, mechanizmy transportu ładunku 13. Przewodniki superjonowe-przegląd materiałów 14. Przewodnictwo jonowe w polimerach: opis strukturalny, mechanizm przewodnictwa jonowego, przegląd materiałów. 15. Metody badań przewodników jonowych i wybrane zastosowania. 16. Materiały o mieszanym przewodnictwa jonowo-elektronowym: przegląd i wybrane zastosowania. 17. Proces interkalacji: opis strukturalny, termodynamiczny i elektronowy. 18. Ogniwa litowe, zjawisko elektrochromowe.	W1, W2, W3, U1, U2, U3, K1	Wykład

Lp.	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu	Formy prowadzenia zajęć
3.	1. Diagramy Richardsona-Ellinghama 2. Defekty samoistne 3. Defekty chemiczne 4. Związki o złożonej strukturze defektów 5. Domieszki 6. Metodyka badań defektów 7. Prawo zachowania masy w ujęciu ciągłym i dyskretnym 8. Równanie dyfuzji i równania konstytutywne 9. Transport masy i ładunku w ciałach stałych 10. Podstawy termodynamiczne elektrochemii. 11. Przykłady i obliczenia parametrów pracy wybranych reaktorów elektrochemicznych. 12. Właściwości katalityczne, proces redukcji HER (hydrogen evolution reaction) i proces utleniania OER (oxygen evolution reaction).	W1, W2, U1, U2, K1	Zajęcia seminaryjne

Informacje rozszerzone

Metody i techniki kształcenia :

Design thinking, Praca grupowa, Mini wykład, Dyskusja

Rodzaj zajęć	Metody zaliczenia	Warunki zaliczenia przedmiotu
Wykład	Aktywność na zajęciach, Egzamin	Zdanie egzaminu
Ćwiczenia laboratoryjne	Aktywność na zajęciach, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Kolokwium, Egzamin, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu	Uzyskanie pozytywnej oceny z ćwiczeń laboratoryjnych i zdanie egzaminu
Zajęcia seminaryjne	Aktywność na zajęciach, Kolokwium, Egzamin, Sprawozdanie, Zaangażowanie w pracę zespołu	Uzyskanie pozytywnej oceny z zajęć seminaryjnych i zdanie egzaminu

Dodatkowy opis

Brak

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

Ocena z zajęć seminaryjnych wyznaczana jest na podstawie ocen z N cotygodniowych kolokwii, dotyczących materiału z poprzedzających zajęć. Za każde kolokwium możliwe jest uzyskanie łącznie 5 punktów. Dodatkowo, możliwe jest uzyskanie 0.5 pkt poprzez wypełnienie nieobowiązkowego testu, dotyczącego materiałów udostępnionych przez prowadzącego na zajęcia bieżące. Uzyskana liczba punktów, po odrzuceniu najgorszej z ocen uzyskanych w trakcie semestru (wliczając w to

jedne zajęcia z nieusprawiedliwioną obecnością) jest sumowana, a następnie obliczany jest sumaryczny procent uzyskanych punktów według wzoru:

$$(\text{suma punktów z kolokwiiów-najgorsza ocena})/((N-1)*5)*100\%$$

W oparciu o liczbę uzyskanych procent, przyznawana jest ocena końcowa z seminarium, zgodnie z regulaminem studiów AGH. W przypadku braku uzyskania zaliczenia w pierwszym terminie, student ma prawo do dwóch terminów poprawkowych, w ramach których rozwiązuje zestaw zadań otwartych z materiału obejmującego zagadnienia z całego semestru. Ocena końcowa z seminarium w takim przypadku wyznaczana jest zgodnie z następującymi zasadami:

II termin	III termin	Ocena z seminarium
3.0	-	3.0
3.5	-	3.0
4.0	-	3.5
4.5	-	3.5
5.0	-	4.0
-	3.0	3.0
-	3.5	3.0
-	4.0	3.0
-	4.5	3.5
-	5.0	4.0

Laboratorium jest zaliczone jeśli student wykona wszystkie ćwiczenia, dostarczy poprawnie sporządzone sprawozdania z wszystkich ćwiczeń i uzyska pozytywną ocenę ze sprawdzianu końcowego. Zaliczenie laboratorium w terminie poprawkowym możliwe jest po uzupełnieniu braków i uzyskaniu pozytywnej oceny ze sprawdzianu poprawkowego.

Warunkiem dopuszczenia do egzaminu jest uzyskanie pozytywnej oceny z seminarium i laboratorium.

Sposób obliczania oceny końcowej

Ocena końcowa = $0.4 * (\text{ocena z egzaminu} + \text{ocena z seminarium}) + 0.2 * \text{ocena z laboratorium}$.

Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach

W przypadku usprawiedliwionej nieobecności studenta podczas kolokwium na seminarium, jest on zobowiązany do jego napisania, po wcześniejszym ustaleniu terminu z prowadzącym. Nieusprawiedliwiona nieobecność wiąże się z uzyskaniem z danego kolokwium 0 punktów, z brakiem możliwości poprawy.

W przypadku nieobecności studenta na zajęciach laboratoryjnych, jest on zobowiązany do odrobienia zajęć w terminie ustalonym z prowadzącym.

Wymagania wstępne i dodatkowe

Chemia ogólna. Chemia fizyczna. Matematyka.

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

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. Ćwiczenia laboratoryjne: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych. Zajęcia seminaryjne: w trakcie zajęć rozwiązywane są zadania rachunkowe, których treść, wraz z materiałami pomocniczymi, jest udostępniana przez prowadzącego z wyprzedzeniem. Obecność na zajęciach jest obowiązkowa, nieusprawiedliwiona nieobecność na kolokwium wiąże się z oceną 0 pkt.

Literatura

Obowiązkowa

1. S. Mrowec, Teoria Dyfuzji w Stanie Stałym, (PWN, Warszawa 1989).
2. P.W. Atkins, Chemia Fizyczna, PWN 2003
3. H. Rickert, Electrochemistry of Solids, Springer-Verlag, 198
4. P.G. Bruce (edytor), Solid State Electrochemistry, Cambridge University Press 1995
5. V.V. Kharton, Handbook of Solid State Electrochemistry, Vol. 1, Wiley-VCH 2009

Dodatkowa

1. H. Schmalzried, Reakcje w stanie stałym (PWN, Warszawa 1978) lub późniejsze w j. angielskim.

Badania i publikacje

Badania

1. Solid State Electrochemistry I: Fundamentals, Materials and their Applications, Vladislav V. Kharton (Editor
2. Struktura defektów i własności transportowe tlenków i siarczków metali przejściowych

Publikacje

1. Z. Jurasz, K. Adamaszek, R. Janik, Z. Grzesik, S. Mrowec, „Doping effect in nickel oxide”, Defect and Diffusion Forum, 289-292, 775-782 (2009).
2. Z. Grzesik, „Defect structure and transport properties of nonstoichiometric metal sulphides”, Polish Journal of Chemistry, 83, 1423-1436 (2009).
3. Z. Grzesik, Termodynamika i kinetyka defektów w kryształach jonowych, Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków, 2011.
4. A. Kaczmarek, Z. Grzesik, S. Mrowec, „On the defect structure and transport properties of Co₃O₄ cobalt oxide”, High Temperature Materials and Processes, 31, 371-379 (2012).
5. A. Poczekajło, Z. Grzesik, S. Mrowec, „Defect structure of NiS₂ disulphide” High Temperature Materials and Processes, 33, 245-251 (2014).
6. Z. Grzesik, „Theory of doping in studies of defect concentration and transport properties of transition metal oxides and sulphides”, High Temperature Materials and Processes, 34, 461-468 (2015).
7. Z. Grzesik, A. Poczekajło, G. Smola, S. Mrowec, „Marker method in studying the defect structure in products of the oxidation of highly disordered substrates”, High Temperature Materials and Processes, 35, 21-28 (2016).
8. Z. Grzesik, „Theory of doping in indirect determination of concentration and mobility of native point defects in metal oxides”, Chiang Mai J. Sci. 43(2), 365-374 (2016).
9. Z. Grzesik, A. Kaczmarek, „Defect structure of Co₃O₄ cobalt oxide”, Ann. Chim. Sci. Mat. 40 (1-2), 103-109 (2016).
10. M. Radecka, A. Kusior, A. Trenczek-Zajac, K. Zakrzewska, Oxide nanomaterials for photoelectrochemical hydrogen energy sources, Advances in Inorganic Chemistry, 72 (2018) 145-183, published by Elsevier Academic Press
11. J. Sar, K. Kolodziejak, K. Wismulek, K. Orłowski, A. Kusior, M. Radecka, A. Trenczek-Zajac, K. Zakrzewska, D.A. Pawlak, Eutectic composites for Photoelectrochemical Solar Cells (PSC) In “Photoelectrochemical Solar Cells” published by WILEY-Scrivener Publishing LLC, USA.(2019)

Kierunkowe efekty uczenia się

Kod	Treść
IMT1A_K01	Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej i jest gotów do doksztalcania się i podnoszenia kompetencji zawodowych, krytycznie ocenia posiadaną wiedzę, potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy.
IMT1A_K02	Ma świadomość odpowiedzialności za pracę własną, gotowość podporządkowania się zasadom pracy w grupie i ponoszenia odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania.
IMT1A_U01	Potrafi pozyskiwać informacje w języku polskim i języku obcym z literatury, baz danych i innych źródeł, dokonywać ich interpretacji, formułować i uzasadniać opinie dotyczące zadań inżynierskich.
IMT1A_U02	Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe; potrafi ocenić przydatność rutynowych metod i narzędzi wykorzystywanych do badania materiałów oraz interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski.
IMT1A_U05	Potrafi zaprojektować technologię wytwarzania materiałów i opisać przebieg zjawisk fizykochemicznych zachodzących w procesach technologicznych.
IMT1A_W01	Ma wiedzę z zakresu nauk podstawowych (matematyki, fizyki oraz chemii) niezbędną do opisu właściwości fizykochemicznych materiałów oraz do zrozumienia zjawisk występujących w materiałach przy ich wytwarzaniu i użytkowaniu.
IMT1A_W03	Ma wiedzę z zakresu inżynierii materiałowej niezbędną do opisu właściwości materiałów inżynierskich, zna metody ich projektowania i wytwarzania oraz rozumie zjawiska zachodzące w tych materiałach.