**Nazwa przedmiotu:**

Fizyka procesów jonowych w ciałach stałych

**Koordynator przedmiotu:**

prof. dr hab. Jerzy Garbarczyk

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Fizyka Techniczna

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

FPJCS

**Semestr nominalny:**

6 / rok ak. 2016/2017

**Liczba punktów ECTS:**

3

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

-

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 30h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 0h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Wstęp do fizyki ciała stałego, Fizyka statystyczna i termodynamika, Chemia. Znajomość opisu struktury krystalicznej ciał stałych i drgań sieci krystalicznej, zrozumienie pojęć elektronowej struktury pasmowej, umiejętność posługiwania się potencjałami termodynamicznymi i obliczania entropii statystycznej, opanowanie zapisu reakcji chemicznych i obliczania ich stałych równowagi.

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Poznanie fizyki procesów przenoszenia ładunku przez jony w krystalicznych i amorficznych ciałach stałych, zjawisk zachodzących na granicy przewodnik jonowy – elektroda metaliczna oraz metod ich badania. Zrozumienie zasad działania urządzeń elektrochemicznych do przetwarzania i magazynowania energii oraz czujników stężenia substancji.

**Treści kształcenia:**

1. Elektrolity ciekłe, solwatacja, ekranowania, promień Debye’a, stopień dysocjacji, elektrolity słabe i silne, przewodność elektryczna i jej zależność od stężenia.
2. Prawa elektrolizy. Ogniwa galwaniczne, rodzaje elektrod, półogniwa elektrochemiczne - reakcje redukcji i utleniania, potencjały standardowe par redoks.
3. Elektrolity stałe - przewodniki jonowe i superjonowe, przegląd zastosowań: odwracalne ogniwa litowe, ogniwa paliwowe, czujniki stężenia tlenu, urządzenia elektrochromowe.
4. Defekty kryształów. Defekty punktowe w kryształach jonowych, notacja Krögera-Vinka, centra barwne. Defekty punktowe jako akceptory lub donory.
5. Termodynamika defektów punktowych, entropia konfiguracyjna i wibracyjna, równowaga reakcji tworzenia defektów Frenkla i Schottky, wykres Arrheniusa koncentracji defektów.
6. Przewodnictwo jonowe w ciele stałym, przeskoki jonów jako proces aktywowany termicznie.
7. Dyfuzja w stanie stałym, równania dyfuzji, błądzenie przypadkowe. Pomiar współczynnika dyfuzji metodą atomów znaczonych, efekty korelacji. Zależność Nernsta-Einsteina.
8. Wpływ domieszkowania na koncentrację defektów i przewodność jonową.
9. Związki o składzie niestechiometrycznym, równowaga tlenku metalu z atmosferą gazową, redukcja i utlenianie, udział elektronów i dziur.
10. Jednoczesne równowagi defektowe, przybliżenie Brouwera, diagram Krögera-Vinka, zależność koncentracji defektów od ciśnienia cząstkowego tlenu i od temperatury.
11. Równowaga defektów w ZrO2 domieszkowanym CaO, zmiany typu przewodnictwa w zależności od ciśnienia cząstkowego tlenu.
12. Struktura fluorytu. Przewodniki jonów fluoru. Stabilizacja struktury regularnej przez domieszkowanie ZrO2 lub Bi2O3, wpływ domieszkowania na przewodność jonową.
13. Struktura warstwowa Bi4V2O11, przewodniki jonów tlenu typu BIMEVOX.
14. Potencjał elektrochemiczny, prawo Nernsta, czujnik potencjometryczny stężenia tlenu, wyznaczanie liczby przenoszenia jonów tlenu metodą ogniwa stężeniowego.
15. Metoda Tubandta wyznaczania jonowych liczb przenoszenia.
16. Jodek srebra – właściwości przewodnika superjonowego. Przewodniki jonów srebra i miedzi.
17. Struktury szkieletowe tlenkowych przewodników kationowych: NASICON, holandyty, przewodniki jonów litu.
18. Struktury warstwowe  i ” aluminy, mechanizmy transportu i uporządkowanie jonów sodu, wymiany jonowe.
19. Przewodniki protonowe, mechanizmy transportu protonów; wiązanie wodorowe.
20. Stan szklisty, temperatura zeszklenia. Szkła przewodzące jonowo: skład chemiczny, modele struktury, mechanizm transportu jonów, zależność przewodności od składu szkła.
21. Model objętości swobodnej, opis zależności przewodności jonowej od temperatury funkcją Vogela-Tammana-Fulchera, rozprzężenie relaksacji strukturalnej i relaksacja przewodności.
22. Elektrolity polimerowe, matryce polimerowe i dysocjowane sole, transport jonów wspomagany ruchami łańcucha polimeru. Wpływ krystalizacji na przewodność jonową.
23. Interkalacja - struktury krystaliczne i elektronowe struktury pasmowe umożliwiające wbudowywanie jonów, przykłady: TiO2 i TiS2, grafit, związki metali przejściowych.
24. Spektroskopia impedancyjna, obwody zastępcze, przedstawienie graficzne widm impedancji.
25. Impedancja materiałów wielofazowych i polikrystalicznych - model kostek i spoiwa.
26. Relaksacja dielektryczna, rozkład czasów relaksacji, funkcja dielektryczna Cole-Cole.
27. Elektrody blokujące i odwracalne, modele warstwy podwójnej i jej pojemność.
28. Kinetyka reakcji elektrodowej przeniesienia ładunku, entalpia aktywacji, prąd wymiany, zależność gęstości prądu od napięcia, nadnapięcie.
29. Reakcja elektrodowa kontrolowana przez dyfuzję - impedancja Warburga.
30. Ogniwa paliwowe z membraną przewodzącą protony i ogniwa tlenkowe, reakcje anodowe i katodowe, siła elektromotoryczna i jej zależność od temperatury i ciśnienia, sprawność.

**Metody oceny:**

a) dwie prace domowe (po 20 pkt) – zadania obliczeniowo-modelowe;
b) kolokwium pisemne oceniające przyswojenie treści przedmiotu (40 pkt);
c) opracowanie, na podstawie wyszukanych publikacji, tematu związanego z treścią przedmiotu – referat w formie pisemnej (około 10 stron) i rozmowa oceniająca zrozumienie przedstawionych zagadnień (30 pkt).
Zaliczenie - ocena wystawiana proporcjonalnie do sumy zgromadzonych punktów: 3,0 od 51 pkt, 5,0 od 91 pkt.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. W. Jakubowski „Przewodniki superjonowe”, WNT, Warszawa 1988.
2. W. Bogusz, F. Krok „Elektrolity stałe”, WNT, Warszawa 1995.
3. P.W. Atkins „Chemia Fizyczna”, PWN, Warszawa 2003, rozdziały 10 i 29.
4. S. Mrowec „Teoria dyfuzji w stanie stałym”, PWN, Warszawa 1989.
5. “Solid State Electrochemistry”, ed. P.G. Bruce, Cambridge University Press, 1996.
6. J. Maier “Physical Chemistry of Ionic Materials”, Wiley, Chichester 2004.

**Witryna www przedmiotu:**

-

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe