

SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA ..2025-2029...

(skrajne daty)

Rok akademicki 2026/2027

1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

Nazwa przedmiotu	Krystalografia i procesy dyfuzji
Kod przedmiotu*	
nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych, Instytut Inżynierii materiałowej
Kierunek studiów	Nanotechnologia
Poziom studiów	studia pierwszego stopnia
Profil	ogólnoakademicki
Forma studiów	studia stacjonarne
Rok i semestr/y studiów	II rok/ III semestr
Rodzaj przedmiotu	Przedmiot kierunkowy
Język wykładowy	Język polski
Koordinator	Dr hab.Małgorzata Pociask-Biały, prof. UR
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	Dr hab.Małgorzata Pociask-Biały, prof. UR

* -opcjonalnie, zgodnie z ustaleniami w Jednostce

1.1.Formy zajęć dydaktycznych, wymiar godzin i punktów ECTS

Semestr (nr)	Wykł.	Ćw.	Konw.	Lab.	Sem.	ZP	Prakt.	Inne (jakie?)	Liczba pkt. ECTS
III	15	15				15			3

1.2. Sposób realizacji zajęć

- ☒ zajęcia w formie tradycyjnej
- ☒ zajęcia realizowane z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość

1.3 Forma zaliczenia przedmiotu (z toku) (egzamin, zaliczenie z oceną, zaliczenie bez oceny)

Zaliczenie z oceną

2.WYMAGANIA WSTĘPNE

- Stan skupienia materii, własności materii; dyfuzja w gazach, cieczach: przykłady,

zastosowanie;
- Równania różniczkowe pierwszego i drugiego rodzaju: analityczne i numeryczne metody rozwiązywania.

3. CELE, EFEKTY UCZENIA SIĘ, TREŚCI PROGRAMOWE I STOSOWANE METODY DYDAKTYCZNE

3.1 Cele przedmiotu

C ₁	znajomość budowy kryształów rzeczywistych (zdefektowanych), w szczególności poznanie roli defektów punktowych
C ₂	znajomość pojęć związanych z własnościami ciał krystalicznych i amorficznych, umiejętność ilościowego opisu procesów transportu masy i energii w ciele stałym, w szczególności umiejętność omówienia metod ilościowego opisu dyfuzji i mechanizmów dyfuzji w różnych materiałach;
C ₃	umiejętność rozwiązywania równań dyfuzji; znajomość znaczenia dyfuzji.

3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

EK (efekt uczenia się)	Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu Absolwent	Odniesienie do efektów kierunkowych ¹
EK_01	Zna zagadnienia z zakresu budowy krystalicznej i własności transportowych materiałów inżynierskich i nanomateriałów	K_Wo4
EK_02	Zna metody oceny własności fizykochemicznych i mechanicznych, a także ma wiedzę o materiałach, produktach i procesach dyfuzji wykorzystywanych w przemyśle wytwarzania materiałów lub nanomateriałów	K_Wo10
EK_03	Potrafi wykorzystać przekaz słowny i graficzny treści nauczania z zakresu nanotechnologii lub nauk pokrewnych; potrafi pozyskiwać wyselekcjonowane informacje pogłębiające dotychczasową wiedzę z zakresu procesów dyfuzji wykorzystywanych w metodach wzrostu materiałów inżynierskich i nanomateriałów	K_Uo6
EK_04	Akceptuje potrzebę podnoszenia swoich kwalifikacji w zakresie nowoczesnych technologii, w szczególności doskonalenia i kontroli przebiegu procesów dyfuzji w zakresie nanotechnologii oraz rozumie potrzebę ciągłego kształcenia w tym zakresie	K_Ko1

¹ W przypadku ścieżki kształcenia prowadzącej do uzyskania kwalifikacji nauczycielskich uwzględnić również efekty uczenia się ze standardów kształcenia przygotowującego do wykonywania zawodu nauczyciela.

3.3 Treści programowe

A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne
1. Materia, składniki materii. Stan materii: krystaliczny, kwazikrystaliczny, bezpostaciowy. Sieć krystaliczna a sieć przestrzenna. Kryształ, polikryształy. Układy krystalograficzne. Wskaźnikowanie węzłów, prostych, płaszczyzn sieciowych.
2. Symetria w budowie kryształów. Klasy symetrii. Rentgenografia strukturalna. Charakterystyka podstawowych typów struktur. Sieć krystalograficzna prosta, sieć odwrotna. Alotropia i polimorfizm. Defekty w ciałach krystalicznych.
3. Układ okresowy pierwiastków. Wiązania chemiczne. Właściwości.
4. Dyfuzja w gazach i cieczach. Równanie stanu gazów rzeczywistych.
5. Sposoby opisu ruchu atomów w sieci krystalicznej. Zjawiska transportu. Średnia droga swobodna, średnia prędkość. Przewodnictwo elektryczne. Przewodnictwo jonowe. Domieszkowanie półprzewodników.
6. Rodzaje dyfuzji. Mechanizmy dyfuzji. Dyfuzja reakcyjna. Dyfuzja powierzchniowa. Dyfuzja granicami ziarn. Prawa dyfuzji. Samodyfuzja. Prawa Ficka. Prawa przewodnictwa cieplnego. Metody rozwiązywania równań różniczkowych drugiego rodzaju: analityczne, numeryczne (przybliżone). Energia aktywacji dyfuzji atomów. Wpływ temperatury na dyfuzję, wpływ czasu na dyfuzję.
7. Synteza w fazie stałej. Rola dyfuzji w przemianach fazowych stopów metali. Dyfuzyjne warstwy powierzchniowe – wytwarzanie, właściwości. Spiekanie, łączenie dyfuzyjne. Metody badań procesów dyfuzji. Bariery przeciwko dyfuzji. Znaczenie dyfuzji.

B. Problematyka ćwiczeń, konwersatoriów, laboratoriów, zajęć praktycznych

Treści merytoryczne laboratoriów
1. Wyznaczanie współczynnika dyfuzji metodą optyczną (zjawisko przechodzenia światła przez ośrodek ze zmieniającym się współczynnikiem załamania) – Lab.
2. Transport elektronowy w metalach. Badanie równania przewodnictwa elektrycznego w obwodach z prądem stałym. (Sprawdzanie prawa Ohma w postaci lokalnej, wyznaczanie oporności właściwej metalu) – Lab.
3. Wyznaczanie mapy defektów ciał stałych metodą mikroskopii elektronowej – Lab.
4. Wpływ promieniowania rentgenowskiego na kryształy. Sprawdzanie równania Bragga. Wskaźnikowanie płaszczyzn (dla LiF i KBr) – Lab.

Treści merytoryczne zajęć projektowych
1. Badanie zjawisk transportu elektrycznego w półprzewodnikach, wyznaczanie czasu życia i drogi dyfuzji nośników mniejszościowych np. w Ge (lub innych materiałach) metodą Valdesa – ZP.
2. Rozkład koncentracji Ge w GeSi, Hg w HgCdTe lub innych – rozwiązywanie równania

3.4 Metody dydaktyczne

Np.:

Wykład: wykład problemowy, wykład z prezentacją multimedialną, metody kształcenia na odległość

Ćwiczenia: analiza tekstów z dyskusją, metoda projektów (projekt badawczy, wdrożeniowy, praktyczny), praca w grupach (rozwiązywanie zadań, dyskusja), gry dydaktyczne, metody kształcenia na odległość

Laboratorium: wykonywanie doświadczeń, projektowanie doświadczeń

Wykład z prezentacją multimedialną, dyskusja; kształcenie na odległość: wykład z prezentacją multimedialną.

Ćwiczenia laboratoryjne: obliczeniowe, praca w grupach, dyskusja, projektowanie ćwiczeń laboratoryjnych.

ZP: projekt badawczy, praktyczny

4. METODY I KRYTERIA OCENY

4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

Symbol efektu	Metody oceny efektów uczenia się (np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć)	Forma zajęć dydaktycznych (w, ćw, ...)
EK_01	projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć	w, LAB, ZP
EK_02	kolokwium, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć	w, LAB, ZP
EK_03	kolokwium, projekt, sprawozdanie	LAB, ZP
EK_04	Obserwacja w trakcie zajęć, projekt, sprawozdanie	w, LAB, ZP

4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Warunkiem zaliczenia wykładu jest obecność na 80% zajęć (w trybie nauczania zdalnego obecność na 80% zajęć).

Zaliczenie wykładu, laboratorium, zajęć projektowych potwierdzi stopień osiągnięcia przez studenta zakładanych efektów kształcenia. Weryfikacja osiągniętych efektów kształcenia kontrolowana jest na bieżąco w trakcie realizacji zajęć.

Wykład – aktywna dyskusja, egzamin pisemny.

Studenci uczestniczący w zajęciach w trybie indywidualnego toku studiów ustalają harmonogram wykładu i laboratorium z prowadzącym.

Pozytywne zaliczenie kolokwium ustnego i sprawozdań z wykonywanych ćwiczeń

laboratoryjnych oraz wykonanych projektów gwarantuje zaliczenie przedmiotu. Przedmiot kończy się kolokwium zaliczeniowym z laboratoriów i zajęć projektowych; O ocenie pozytywnej z laboratoriów i projektów decyduje liczba uzyskanych punktów (>50% maksymalnej liczby punktów) ze sprawozdania: dst 51-59%, dst plus 60-69%, db 70-79%, db plus 80-89%, bdb 90-100%.

Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest osiągnięcie wszystkich założonych efektów uczenia się.

Środki dydaktyczne: wykład: prezentacja multimedialna, laboratorium: komputer, programy liczące Excel i Origin, analiza rezultatów pomiarów uzyskanych na aparatach znajdujących się w centrum Dydaktyczno-Naukowym Mikroelektroniki i Nanotechnologii dedykowanych zagadnieniom objętym programem laboratorium i zajęć projektowych, portale internetowe firm produkujących specjalistyczną aparaturę naukowo-badawczą prezentujące dydaktyczne filmy nt. wybranych eksperymentów potwierdzających osiągnięcia metod badania struktury krystalicznej i amorficznej ciał stałych oraz nowoczesnych technik osadzania cienkich warstw z zastosowaniem równowagowych i nierównowagowych procesów dyfuzji.

5. CAŁKOWITY NAKŁAD PRACY STUDENTA POTRZEBNY DO OSIĄGNIĘCIA ZAŁOŻONYCH EFEKTÓW W GODZINACH ORAZ PUNKTACH ECTS

Forma aktywności	Średnia liczba godzin na zrealizowanie aktywności
Godziny z harmonogramu studiów	45
Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)	2
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	28
SUMA GODZIN	75
SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS	3

** Należy uwzględnić, że 1 pkt ECTS odpowiada 25-30 godzin całkowitego nakładu pracy studenta.*

6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

wymiar godzinowy	
zasady i formy odbywania praktyk	

7. LITERATURA

Literatura podstawowa:

1. W.B. Fiks, Przewodnictwo jonowe metali i półprzewodników (PWN Warszawa 1971).

2. S. Mrowec, Teoria Dyfuzji w Stanie Stałym, (PWN, Warszawa 1989) i inne tego autora.
3. P. Luger, Rentgenografia strukturalna monokryształów (PWN, Warszawa 1989).
4. J. Dereń, J. Haber i R. Pampuch, Chemia Ciała Stałego (PWN, Warszawa 1975).
5. R. J. Borg i G. J. Dienes, The Physical Chemistry of Solids (Academic Press New York, London 1992).
6. A. Wald i K. Dwight, Solid State Chemistry (Chapman & Hall, Inc., New York 1993).
7. R. Ghez, Diffusion Phenomena (Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York 2001).

Literatura uzupełniająca:

8. R. Allnatt i A. B. Lidiard, Atomic Transport in Solids (Cambridge Univ. Press, 1993).
9. Portale i strony internetowe światowych laboratoriów zajmujących się badaniem procesów dyfuzji w gazach, cieczach i ciałach stałych; wzrostem struktur 2D i ich charakteryzowaniem

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej

