

## SYLABUS

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA ..2023-2027...

(skrajne daty)

Rok akademicki 2024/2025

### 1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

|                                                       |                                                                |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Nazwa przedmiotu                                      | Metody mikroskopowe w nanotechnologii                          |
| Kod przedmiotu*                                       |                                                                |
| nazwa jednostki prowadzącej kierunek                  | Kolegium Nauk Przyrodniczych                                   |
| Nazwa jednostki realizującej przedmiot                | Kolegium Nauk Przyrodniczych, 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 Dariusz Płoch                                               |
| Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących | Dr Dariusz Płoch,                                              |

\* -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    |     |       | 30   |      | 15 |        |               | 5                |

#### 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)

EGZAMIN

### 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Wiadomości podstawowe z fizyki, w tym optyki geometrycznej i falowej.

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

#### 3.1 Cele przedmiotu

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C <sub>1</sub> | Celem przedmiotu jest przekazanie wiedzy niezbędnej do poznania technik mikroskopowych. Omówione zostaną podstawowe rodzaje mikroskopów takich jak mikroskopy optyczne, mikroskopy elektronowe, mikroskopy tunelowe i sił atomowych. Omówione zostaną podstawowe techniki badań mikroskopowych w tym obserwacje w jasnym i ciemnym polu, kontrast fazowy, interferencyjny oraz z użyciem światła spolaryzowanego |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 3.2 Efekty uczenia się dla przedmiotu

| EK (efekt uczenia się) | Treść efektu uczenia się zdefiniowanego dla przedmiotu                                                                                                                                                    | Odniesienie do efektów kierunkowych <sup>1</sup> |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| EK_01                  | Student ma uporządkowaną wiedzę ogólną z fizyki i jej technicznych zastosowań w metodach mikroskopowych oraz rozumienia jej roli w różnych obszarach metod i technik mikroskopowych.                      | K_Wo2                                            |
| EK_02                  | Student posiada wiedzę z zakresu budowy i działania różnych rodzajów mikroskopów                                                                                                                          | K_Wo8                                            |
| EK_03                  | Student potrafi przygotować prace i opracowania pisemne oraz wystąpienia ustne, w języku polskim lub angielskim, dotyczące zagadnień z zakresu nanotechnologii przy wykorzystaniu metod mikroskopowych    | K_Uo3                                            |
| EK_04                  | Student potrafi dokonać doboru właściwych metod, technik i narzędzi oraz metod eksperymentalnych zakresu mikroskopii do badań materiałów lub nanomateriałów                                               | K_Uo7                                            |
| EK_05                  | Student potrafi zaprojektować i przeprowadzić prosty proces technologiczny z zakresu nanotechnologii i właściwej ścieżki kształcenia wraz kontrolą końcową wykorzystującą współczesne metody mikroskopowe | K_Uo13                                           |
| EK_06                  | Student jest świadom podnoszenia swoich kwalifikacji w zakresie nowoczesnych technologii, w szczególności nanotechnologii oraz rozumie potrzebę ciągłego kształcenia w tym zakresie.                      | K_Ko1                                            |

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

|       |                                                                                                          |       |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| EK_07 | Student jest gotów do właściwego przedstawienia efektów własnej pracy zgodnie z zasadami etyki zawodowej | K_Ko2 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|

### 3.3 Treści programowe

#### A. Problematyka wykładu

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Wstęp.<br>Własności makro i mikrostruktur, parametry struktury, właściwości optyczne metali, widmo fali elektromagnetycznej, oddziaływanie promieniowania elektromagnetycznego z materią.                                                                                                                 |
| 2. Mikroskopy optyczne, budowa, parametry, zasada działania, wady układów optycznych i sposoby ich usuwania. Techniki badań mikroskopowych, obserwacje w jasnym i ciemnym polu, kontrast fazowy, interferencyjny i światło spolaryzowane, zastosowanie poszczególnych metod obserwacji dla różnych struktur. |
| 3. Falowe właściwości wiązki elektronowej, oddziaływanie wiązki elektronowej z materiałami.                                                                                                                                                                                                                  |
| 4. Zasada działania transmisyjnego mikroskopu elektronowego (TEM), tryby pracy, przykłady typowych analiz; Dyfrakcja elektronów na sieci krystalicznej, rodzaje dyfrakcji, odczytywanie dyfraktogramów.                                                                                                      |
| 5. Skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), zasada działania, zastosowania i przykłady obrazów.                                                                                                                                                                                                             |
| 6. Mikroskopia z sondą skanującą (SPM). Skaningowa mikroskopia tunelowa (STM), kwantowy efekt tunelowy.                                                                                                                                                                                                      |
| 7. Mikroskopia sił atomowych (AFM). Mody pracy. Ograniczenia w zastosowaniu                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8. Dobór właściwych technik mikroskopowych do pomiarów materiałów o obniżonej wymiarowości 2D, 1D, 0D.                                                                                                                                                                                                       |

#### B. Problematyka ćwiczeń, konwersatoriów, laboratoriów, zajęć praktycznych

|                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ćwiczenia wstępne-organizacja zasady zaliczenia przedstawienie problematyki ćwiczeń, przedstawienie regulaminu pracowni, zasady bezpiecznego użytkowania mikroskopów. |
| 2. Obserwacja preparatów w mikroskopie optycznym. Obserwacja obrazów w soczewkach, obserwacja wad soczewek. Porównanie mikroskopów o różnych układach optycznych         |
| 3. Przygotowanie sond skanujących do pomiarów w trybie AFM i STM                                                                                                         |
| 4. Badania powierzchni nanostruktur za pomocą mikroskopu sił atomowych (AFM)                                                                                             |
| 5. Badania powierzchni nanostruktur za pomocą skaningowego mikroskopu tunelowego (STM)                                                                                   |
| 6. Wykorzystanie dedykowanego oprogramowania Gwyddion do interpretacji uzyskanych wyników pomiarów.                                                                      |
| 7. Podstawy badań z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej SEM. Obserwacje powierzchni nanomateriałów.                                                      |
| 8. Kolokwium zaliczeniowe.                                                                                                                                               |

### C. PROBLEMATYKA ZAJĘĆ PROJEKTOWYCH

W ramach zajęć projektowych studenci planują i wykonują proces pomiarowy dostosowany do wybranego przez siebie nanomateriału.  
Prace nad projektem obejmują: wybór materiału, dobór właściwych technik mikroskopowych, przeprowadzenie cyklu pomiarów, weryfikację otrzymanych wyników dla różnych technik badawczych oraz przygotowanie raportu końcowego zgodnie ze standardami dla tego typu badań.

### 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: wykład z prezentacją multimedialną

Laboratorium: wykonywanie doświadczeń

Zajęcia projektowe projektowanie doświadczeń

## 4. METODY I KRYTERIA OCENY

### 4.1 Sposoby weryfikacji efektów uczenia się

| Symbol efektu | Metody oceny efektów uczenia się<br>(np.: kolokwium, egzamin ustny, egzamin pisemny, projekt, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć) | Forma zajęć dydaktycznych<br>(w, ćw, ...) |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| EK_01         | kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin                                                                            | lab, wykład, zaj. projektowe              |
| EK_02         | kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin                                                                            | lab, wykład, zaj. projektowe              |
| EK_03         | kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin                                                                            | lab, wykład, zaj. projektowe              |
| EK_04         | kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin                                                                            | lab, wykład, zaj. projektowe              |
| EK_05         | kolokwium, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć, egzamin                                                                            | lab, wykład, zaj. projektowe              |
| EK_06         | obserwacja w trakcie zajęć                                                                                                              | lab, zaj. projektowe                      |
| EK_07         | obserwacja w trakcie zajęć                                                                                                              | lab, wykład, zaj. projektowe              |

#### 4.2 Warunki zaliczenia przedmiotu (kryteria oceniania)

Zaliczenie przedmiotu potwierdzi stopień osiągnięcia przez Studenta zakładanych efektów uczenia się.

Weryfikacja osiągniętych efektów uczenia się kontrolowana jest na bieżąco w trakcie przeprowadzenia zajęć.

Końcowa ocena będzie odzwierciedleniem stopnia osiągniętych efektów.

Weryfikacja efektów uczenia się z wiedzy i umiejętności przekazanej przez nauczyciela odbywać się będzie przez kolokwia, sprawozdania, krótkie testy wejściowe, udział w dyskusji, oraz egzamin końcowy. Sprawdzenie efektów uczenia się zajęć bez udziału nauczyciela odbywać się będzie poprzez ocenę przygotowania studenta do ćwiczeń laboratoryjnych. Weryfikacja kompetencji społecznych odbywać się będzie poprzez aktywność na zajęciach i udział w dyskusji.

**Wykład:** Egzamin pisemny

**Laboratorium:** Po każdej części materiału student wykonuje praktyczne ćwiczenia, oceniane przez prowadzącego. Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną z ocen częściowych uzyskanych ze sprawozdań oraz kolokwii wejściowych:

**Zajęcia projektowe:** Ocena końcowa ze złożonego raportu badań.

Sposób obliczenia ocen:

dst. (51-60)% pkt.

+dst (61-70)% pkt.

db (71-80)% pkt.

+db (81-90)% pkt.

bdb (91-100)% pkt.

#### 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                                                                            | 60                                                |
| Inne z udziałem nauczyciela akademickiego (udział w konsultacjach, egzaminie)                             | 4                                                 |
| Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.) | 63                                                |
| SUMA GODZIN                                                                                               | 127                                               |
| <b>SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS</b>                                                                     | <b>5</b>                                          |

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

#### 6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| wymiar godzinowy                 | nd |
| zasady i formy odbywania praktyk | nd |

## 7. LITERATURA

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Literatura podstawowa:</p> <p>[1] Maksymilian Pluta, Mikroskopia optyczna, PWN 1982</p> <p>[2] Ewa Kurczyńska, Dorota Borowska-Wykręt, Mikroskopia świetlna w badaniach komórki roślinnej, PWN 2013</p> <p>[3] Maksymilian Pluta, Mikroskopia fazowo-kontrastowa i interferencyjna, PWN 1965</p> <p>[4] A. Barbacki, Mikroskopia elektronowa, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2007r.</p> <p>[5] L.A. Dobrzański, E. Hajduczek, Mikroskopia świetlna i elektronowa, WNT, Warszawa, 1987.</p> <p>[6] Nanotechnologie, Red. nauk. R.W. Kelsall, I.W. Hamley, M. Geoghegan, tł. .pol. pod red. K. Kurzydłowskiego, PWN, 2008.</p> <p>[7] R. Howland, L. Benatar, Mikroskopy ze skanującą sondą, Warszawa 2002r</p> <p>[8] Nanoeducator II, Instruction Manual, NT-MDT, 2011</p> <p>[9] Nanoeducator Scanning Probe Microscope, Instruction Manual, NT-MDT, 2008</p> <p>[10] Teodor Paweł Gotszalk, Systemy mikroskopii bliskich oddziaływań w badaniach mikro- i nanostruktur, Wrocław 2004</p> <p>[11] Binning G., Quate C.F., Gerber C., Atomic force microscopy, Phys. Rev. Lett., 55, 933, 1986</p> <p>[12] Dekker, Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, v. 1-6, 2008 Dekker</p> <p>Literatura uzupełniająca:</p> <p>[1] Suzanne Amador Kane „Introduction to Physics in Modern Medicine”, Taylor &amp; Francis, 2003</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej

