

**SYLABUS**

DOTYCZY CYKLU KSZTAŁCENIA 2023-2027  
(skrajne daty)

Rok akademicki 2025/2026

**1. PODSTAWOWE INFORMACJE O PRZEDMIOCIE**

Nazwa przedmiotu	Nanotechnologie i nanoobiekty
Kod przedmiotu*	
Nazwa jednostki prowadzącej kierunek	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Nazwa jednostki realizującej przedmiot	Kolegium Nauk Przyrodniczych
Kierunek studiów	Inżynieria materiałowa
Poziom studiów	studia pierwszego stopnia
Profil	ogólnoakademicki
Forma studiów	stacjonarne
Rok i semestr/y studiów	III rok, 6 semestr
Rodzaj przedmiotu	specjalnościowy - Nanotechnologie i materiały nanokompozytowe
Język wykładowy	polski
Koordinator	dr inż. Ewa Bobko
Imię i nazwisko osoby prowadzącej / osób prowadzących	dr inż. Ewa Bobko, dr Stanisław Adamiak

\* -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
6	30			15				15 (projekt)	4

**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)**

- Wykład – egzamin  
 Laboratorium - zaliczenie z oceną  
 Zajęcia projektowe- zaliczenie z oceną

**2. WYMAGANIA WSTĘPNE**

Podstawowe umiejętności i wiedza z podstaw fizyki oraz chemii, a także nauki o materiałach. Umiejętność stosowania technik wykorzystywanych w badaniach materiałowych.
--

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

#### 3.1 Cele przedmiotu

C <sub>1</sub>	Zapoznanie studentów z ogólnymi zagadnieniami dotyczącymi nanotechnologii z przykładami nanoobjektów i nanostruktur, własnościami kwantowymi, jak również sposobami ich wytwarzania, charakteryzacji i ich zastosowaniem. Zapoznanie studentów z narzędziami badawczymi stosowanymi w nanotechnologii.
C <sub>2</sub>	Przyswojenie przez studentów wiedzy w zakresie zastosowania nanomateriałów jako materiałów inżynierskich. Opis i charakterystyka różnych rodzajów nanoobjektów: ich struktury, właściwości, metod wytwarzania. Szczególna uwaga będzie zwrócona na zastosowanie nanoobjektów w badaniach naukowych oraz inżynierii materiałowej.
C <sub>3</sub>	Nabycie przez studentów umiejętności wyboru nano-materiałów i nanoobjektów stosowanych w nanotechnologii, umiejętności badania i wytwarzania dla różnych obiektów w skali nano.

#### 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 zna i rozumie wybrane zagadnienia w zakresie chemii, fizyki i ich technicznych zastosowań niezbędnych do rozumienia i opisu podstawowych zjawisk fizycznych oraz zastosowania w technologii, wytwarzania nowoczesnych materiałów oraz w zakresie metodyki badań struktury i własności fizycznych	K_W02 K_W04
EK_02	Student charakteryzuje nanoobjekty i klasyfikuje je uwzględniając ich zastosowanie oraz potrafi dostosować materiały do projektowania, modelowania, symulacji i wytwarzania elementów urządzeń oraz ich zastosowania w różnych dyscyplinach naukowych	K_W07 K_W10 K_U11
EK_03	Student potrafi przeprowadzać podstawowe badania i pomiary własności fizycznych materiałów oraz wykorzystywać metodykę badań fizycznych (eksperymentalnych i teoretycznych), interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski celem rozwiązania zadań inżynierskich. Potrafi planować pracę indywidualną oraz zespołową	K_U05 K_U15
EK_04	Student poszerza swoje kwalifikacje, rozumie konieczność wzbogacania swojej wiedzy i umiejętności, potrafi przekazać zdobyte informacje związane z inżynierią materiałową w sposób zrozumiały.	K_Ko1 K_Ko4

<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.

### 3.3 Treści programowe

#### A. Problematyka wykładu

Treści merytoryczne
Wstęp do nanotechnologii. Nanomateriały- podstawowe pojęcia. Zjawiska obserwowane w nanoskali.
Efekt rozmiarowy, efekt ograniczenia kwantowego, wprowadzenie do pasmowej teorii ciała stałego. Przykłady układów o obniżonej wymiarowości: 2D, 1D, 0D.
Klasyfikacja nanomateriałów (nanomateriały nieorganiczne, nanometale, nanoproszki, nanomateriały węglowe).
Różnice we właściwościach materiałów makro i nanorozmiarowych, kontrola rozmiaru, kształtowanie morfologii i właściwości. Własności materiałów w skali dużej i nano (wpływ objętości materiałów na własności: mechaniczne, termiczne, chemiczne, magnetyczne, elektryczne, optyczne, hydrofobowe).
Wybrane klasyczne techniki wytwarzania materiałów objętościowych: metoda Czochralskiego wzrostu monokryształów, metoda Bridgmana-Stockbargera
Techniki i technologie wytwarzania nanomateriałów. Metody wytwarzania nanomateriałów i struktur typu bottom-up i top-down: metody osadzania fizycznego (MBE, PLD, rozpylania) oraz metody osadzania chemicznego (CVD, MOCVD, OMBE); warstwy epitaksjalne. Metody litograficzne w skali mikro i nano (litografia optyczna, UV, wiązką jonową). Metody strąceniowe (zol-żel), metody elektrochemiczne.
Techniki badawcze stosowane w charakterystyce nanomateriałów i nanoobjektów – XRD, TEM, SEM, DLS, ELS, FTIR.
Główne dziedziny techniki zastosowania materiałów w postaci warstw nano, mikro. Wybrane zastosowania nanoobjektów.
Druty kwantowe i ich własności elektro-fizyczne. Kropki kwantowe i ich własności optyczne. Własności optyczne i magnetyczne nanocząstek i nanomateriałów. Spintronika.
Nanorurki ceramiczne i metaliczne. Typy nanorurek. Przykłady stosowania nanorurek węglowych, TiO <sub>2</sub> , MoO <sub>2</sub> , ZrO <sub>2</sub> związków pierwiastków ziem rzadkich, metali szlachetnych. Nanowłókna. Materiały nanoporowate. Toksyczność nanomateriałów.
Najnowsze osiągnięcia w nanotechnologii. Zaawansowanie badań nad nanotechnologią w sektorze gospodarczo- naukowym.

#### B. Problematyka laboratoriów

Treści merytoryczne
Zapoznanie się z zasadami BHP obowiązującymi w pracowni oraz regulaminem ćwiczeń.
Analiza topografii powierzchni nanostruktur półprzewodnikowych
Obrazowanie powierzchni nanomateriałów za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego
Badania i analiza nanoobjektów metodą mikroskopii sił atomowych
Analiza właściwości optycznych nanocząstek- interpretacja widm
Wstęp do wytwarzania nanodrutów z materiałów półprzewodnikowych

#### C. Problematyka zajęć projektowych

Treści merytoryczne
Synteza i charakterystyka wybranych nanoobjektów

### 3.4 Metody dydaktyczne

Wykład: wykład z prezentacją multimedialną

Laboratorium: wykonywanie doświadczeń, analiza i interpretacja uzyskanych wyników.

Zajęcia projektowe: praca w grupach.

## 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	Egzamin, sprawozdanie, obserwacja w trakcie zajęć	W, Lab.
EK_02	Egzamin, sprawozdanie, projekt, obserwacja w trakcie zajęć	W, Lab., zaj. proj.
EK_03	Egzamin, sprawozdanie, projekt, obserwacja w trakcie zajęć	W, Lab., zaj. proj.
EK_04	Sprawozdanie, projekt, obserwacja w trakcie zajęć	Lab., zaj. proj.

### 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 sprawozdania, udział w dyskusji. Sprawdzenie efektów dla zajęć bez udziału nauczyciela odbywać się będzie poprzez ocenę przygotowania studenta do ćwiczeń laboratoryjnych, właściwe przygotowanie sprawozdań. Weryfikacja kompetencji społecznych odbywać się będzie poprzez aktywność na zajęciach i udział w dyskusji.

Wykład: egzamin w formie ustnej lub pisemnej

Warunkiem zaliczenia jest uzyskanie pozytywnej oceny z egzaminu. Ocena wystawiana na podstawie punktacji uzyskanej za odpowiedzi udzielone na zadane pytania egzaminacyjne. Do zaliczenia konieczne uzyskanie co najmniej 51% pkt. Skala ocen poniżej.

Laboratorium: zaliczenie z oceną

Warunkiem zaliczenia jest: uzyskanie oceny z wiedzy i przygotowania merytorycznego do ćwiczeń, zaliczenie sprawozdań z ćwiczeń. Ocena końcowa jest średnią z ocen cząstkowych.

Projekt: zaliczenie z oceną.

Warunkiem zaliczenia jest przygotowanie projektu.

Stosowana skala oceniania:

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)	5
Godziny niekontaktowe – praca własna studenta (przygotowanie do zajęć, egzaminu, napisanie referatu itp.)	35
SUMA GODZIN	100
<b>SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS</b>	<b>4</b>

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

## 6. PRAKTYKI ZAWODOWE W RAMACH PRZEDMIOTU

wymiar godzinowy	Nie dotyczy
zasady i formy odbywania praktyk	Nie dotyczy

## 7. LITERATURA

<p>Literatura podstawowa:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Barbacki, Mikroskopia elektronowa, Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2005</li> <li>2. K. Żelichowska, Nanotechnologia, chemia i medycyna, Wyd. Politechniki Gdańskiej, 2016 (udostępnia prowadzący)</li> <li>3. R.Howland, L. Benatar, STM/AFM Mikroskopy ze skanującą sondą. Elementy teorii i praktyki, WIM PW, Warszawa 2002</li> <li>4. R.W.Kelsall, I.W. Hamley, M. Geoghegan, Nanotechnologie, tlm.pol. pod red. K. Kurzydłowskiego, PWN, 2008.</li> <li>5. K. Kurzydłowski, Nanomateriały inżynierskie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2015.</li> </ol>
<p>Literatura uzupełniająca:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, v. 1-6, 2008 Dekker</li> <li>2. J. Szuber, Powierzchniowe metody badawcze w nanotechnologii półprzewodnikowej, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2002</li> </ol>

Akceptacja Kierownika Jednostki lub osoby upoważnionej