

POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

KARTA PRZEDMIOTU

obowiązuje studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2019/2020

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Kierunek studiów: Nanotechnologie i Nanomateriały

Profil: Praktyczny

Forma studiów: stacjonarne

Kod kierunku: NtiNm

Stopień studiów: I

Specjalności: Inżynieria nanostruktur

1 INFORMACJE O PRZEDMIOCIE

| | |
|---|--|
| NAZWA PRZEDMIOTU | Metody pomiarowe w nanotechnologii |
| NAZWA PRZEDMIOTU W JĘZYKU ANGIELSKIM | Characterization techniques for nanotechnology |
| KOD PRZEDMIOTU | WIMiF NTINM pIS D5 19/20 |
| KATEGORIA PRZEDMIOTU | Przedmioty specjalnościowe |
| LICZBA PUNKTÓW ECTS | 5.00 |
| SEMESTRY | 6 |

2 RODZAJ ZAJĘĆ, LICZBA GODZIN W PLANIE STUDIÓW

| SEMESTR | WYKŁAD | ĆWICZENIA | LABORATORIUM | LABORATORIUM KOMPUTERO- WE | SEMINARIUM | PROJEKT |
|---------|--------|-----------|--------------|----------------------------------|------------|---------|
| 6 | 30 | 15 | 30 | 0 | 0 | 0 |

3 CELE PRZEDMIOTU

Cel 1 Zapoznanie studenta z zaawansowanymi technikami pomiarowymi do charakteryzacji materiałów w nanoskali w celu określenia ich rozmiaru, mikrostruktury, składu chemicznego i topografii.

Cel 2 Omówienie podstaw fizycznych metod nanocharakteryzacji materiałów w celu pełnego zrozumienia zasady działania każdej z omawianych technik i ustalenia, która z nich jest najlepsza dla określonych potrzeb.

Cel 3 Przedstawienie przykładów zastosowania różnych metod nanocharakteryzacji materiałów.

4 WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

1 Brak wymagań wstępnych

5 EFEKTY KSZTAŁCENIA

EK1 Wiedza Student zna różne metody mikroskopowe stosowane do obrazowania obiektów w nanoskali. Zna i omawia podstawy fizyczne związane z tworzeniem obrazu w omawianych typach mikroskopów. Rozpoznaje i opisuje funkcję poszczególnych elementów budowy mikroskopu. Rozumie i wyjaśnia wady i zalety różnych technik mikroskopowych.

EK2 Wiedza Student zna różne techniki spektroskopowe do analizy strukturalnej nanomateriałów. Rozumie i wyjaśnia wady i zalety różnych metod spektroskopowych. Podaje zastosowanie wybranych metod w analizie nanomateriałów.

EK3 Wiedza Student zna metody analizy wielkości nanocząsteczek, rozumie i wyjaśnia ich podstawy teoretyczne.

EK4 Wiedza Student zna podstawy teoretyczne rentgenowskiej analizy strukturalnej. Podaje i omawia źródła promieniowania rentgenowskiego. Wyjaśnia zastosowanie różnych wariantów rentgenowskiej analizy strukturalnej w badaniach nanomateriałów.

EK5 Wiedza Student zna podstawy teoretyczne detekcji opartej na zjawisku powierzchniowego rezonansu plazmonowego. Rozumie i wyjaśnia zastosowanie techniki SPR.

EK6 Umiejętności Student potrafi wymienić i scharakteryzować podstawowe metody pomiarowe stosowane w nanotechnologii. Potrafi wybrać właściwą metodę do charakteryzacji materiałów w celu określenia ich rozmiarów, struktury, składu chemicznego i topografii.

EK7 Umiejętności Student potrafi w stopniu podstawowym samodzielnie zastosować wybraną metodę analizy nanomateriałów. Potrafi samodzielnie dokonać interpretacji otrzymanych wyników.

EK8 Kompetencje społeczne Student posiada umiejętność pracy w grupie realizującej odpowiednie zadanie i umie oszacować czas potrzebny na jego realizację.

6 TREŚCI PROGRAMOWE

| ĆWICZENIA | | |
|-----------|--|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| C1 | Zapoznanie studenta z przygotowaniem materiału badawczego oraz metodologią pomiarów przeprowadzanych różnymi technikami nanocharakteryzacji. | 5 |
| C2 | Opracowanie i wykonanie projektu badawczego z wykorzystaniem wybranej techniki pomiarowej. | 10 |

| WYKŁAD | | |
|-----------|---|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| W1 | Wprowadzenie do skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Budowa mikroskopu SEM, źródła elektronów. Oddziaływanie wiązki elektronów z materią. Nowe rozwiązania technologiczne stosowane w celu charakteryzacji strukturalnej i morfologicznej nanomateriałów, w tym próbek mokrych. Przykłady zastosowania skaningowej mikroskopii elektronowej do nanofabrykacji i nanomanipulacji. | 6 |
| W2 | Podstawy teoretyczne mikroskopii sił atomowych (AFM). Rozwój metody AFM na przestrzeni lat. Przedstawienie nowych technik bazujących na pomiarach AFM dostarczających dodatkowych informacji do obrazów topograficznych i umożliwiających badanie chemicznych i fizycznych właściwości materiałów. Różne aspekty związane z nanocharakteryzacją elektryczną przy użyciu mikroskopii sił elektrostatycznych (EFM) i mikroskopii skaningowego potencjału powierzchniowego (SSPM). | 6 |
| W3 | Techniki spektroskopowe do charakteryzowania nanomateriałów. Omówienie podstaw teoretycznych spektroskopii w zakresie światła widzialnego i ultrafioletu (UV/VIS), spektroskopii absorpcyjnej w podczerwieni (IR), spektroskopii Ramana, powierzchniowo wzmocnionej spektroskopii Ramana (SERS). Omówienie zastosowania wymienionych metod. | 6 |
| W4 | Laserowy analizator wielkości cząstek. Teoretyczne aspekty techniki dynamicznego rozpraszania światła (DLS). Charakteryzacja średnicy różnych nanocząsteczek zdyspergowanych w ośrodku dyspersyjnym. | 3 |
| W5 | Podstawy teoretyczne rentgenowskiej analizy strukturalnej (XRD) oraz małokątowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego (SAXS). Źródła promieniowania rentgenowskiego. Identyfikacja fazowa materiałów proszkowych oraz oznaczenie parametrów sieci krystalicznej. Podstawowe pojęcia krystalografii. Zastosowanie metody SAXS do badania układów biologicznych. Omówienie różnych wariantów metody SAXS. | 6 |
| W6 | Powierzchniowy rezonans plazmonowy (SPR). Podstawy teoretyczne detekcji opartej na zjawisku EPS. Zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia, współczynnik załamania światła. Propagacja plazmonów powierzchniowych na granicy faz metal-dielektryk. Zastosowania techniki SPR. | 3 |

| LABORATORIUM | | |
|--------------|--|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| L1 | Mikroskopia skaningowa w badaniach nanomateriałów. | 6 |
| L2 | Badania spektroskopowe właściwości nanomateriałów. | 6 |
| L3 | Rentgenowska analiza strukturalna nanomateriałów. | 6 |
| L4 | Topografia powierzchni nanomateriałów przy użyciu mikroskopii sił atomowych AFM. Pomiar właściwości elektrycznych i magnetycznych. | 6 |

| LABORATORIUM | | |
|--------------|--|------------------|
| LP | TEMATYKA ZAJĘĆ OPIS SZCZEGÓŁOWY BLOKÓW TEMATYCZNYCH | LICZBA GODZIN |
| L5 | Oznaczenie wielkości nanocząsteczek. | 6 |

7 NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1 Wykłady

N2 Konsultacje

N3 Ćwiczenia laboratoryjne

8 OBCIĄŻENIE PRACĄ STUDENTA

| FORMA AKTYWNOŚCI | ŚREDNIA LICZBA GODZIN NA ZREALIZOWANIE AKTYWNOŚCI |
|--|---|
| Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim, w tym: | |
| Godziny wynikające z planu studiów | 75 |
| Konsultacje przedmiotowe | 5 |
| Egzaminy i zaliczenia w sesji | 5 |
| Godziny bez udziału nauczyciela akademickiego wynikające z nakładu pracy studenta, w tym: | |
| Przygotowanie się do zajęć, w tym studiowanie zalecanej literatury | 20 |
| Opracowanie wyników | 20 |
| Przygotowanie raportu, projektu, prezentacji, dyskusji | 20 |
| SUMARYCZNA LICZBA GODZIN DLA PRZEDMIOTU WYNIKAJĄCA Z CAŁEGO NAKŁADU PRACY STUDENTA | 145 |
| SUMARYCZNA LICZBA PUNKTÓW ECTS DLA PRZEDMIOTU | 5.00 |

9 SPOSOBY OCENY

OCENA FORMUJĄCA

F1 Test

F2 Sprawozdanie z ćwiczenia laboratoryjnego

OCENA PODSUMOWUJĄCA

P1 Średnia ważona ocen formujących

P2 Egzamin pisemny

KRYTERIA OCENY

| EFEKT KSZTAŁCENIA 1 | |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 3.0 | Powyżej 55 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 3.5 | Powyżej 64 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.0 | Powyżej 73 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.5 | Powyżej 82 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 5.0 | Powyżej 91 % punktów możliwych do uzyskania |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 2 | |
| NA OCENĘ 3.0 | Powyżej 55 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 3.5 | Powyżej 64 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.0 | Powyżej 73 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.5 | Powyżej 82 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 5.0 | Powyżej 91 % punktów możliwych do uzyskania |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 3 | |
| NA OCENĘ 3.0 | Powyżej 55 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 3.5 | Powyżej 64 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.0 | Powyżej 73 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.5 | Powyżej 82 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 5.0 | Powyżej 91 % punktów możliwych do uzyskania |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 4 | |
| NA OCENĘ 3.0 | Powyżej 55 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 3.5 | Powyżej 64 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.0 | Powyżej 73 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.5 | Powyżej 82 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 5.0 | Powyżej 91 % punktów możliwych do uzyskania |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 5 | |
| NA OCENĘ 3.0 | Powyżej 55 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 3.5 | Powyżej 64 % punktów możliwych do uzyskania |

| | |
|---------------------|---|
| NA OCENĘ 4.0 | Powyżej 73 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.5 | Powyżej 82 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 5.0 | Powyżej 91 % punktów możliwych do uzyskania |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 6 | |
| NA OCENĘ 3.0 | Powyżej 55 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 3.5 | Powyżej 64 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.0 | Powyżej 73 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.5 | Powyżej 82 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 5.0 | Powyżej 91 % punktów możliwych do uzyskania |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 7 | |
| NA OCENĘ 3.0 | Powyżej 55 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 3.5 | Powyżej 64 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.0 | Powyżej 73 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.5 | Powyżej 82 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 5.0 | Powyżej 91 % punktów możliwych do uzyskania |
| EFEKT KSZTAŁCENIA 8 | |
| NA OCENĘ 3.0 | Powyżej 55 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 3.5 | Powyżej 64 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.0 | Powyżej 73 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 4.5 | Powyżej 82 % punktów możliwych do uzyskania |
| NA OCENĘ 5.0 | Powyżej 91 % punktów możliwych do uzyskania |

10 MACIERZ REALIZACJI PRZEDMIOTU

| EFEKT KSZTAŁCENIA | ODNIESIENIE DANEGO EFEKTU DO SZCZEGÓLOWYCH EFEKTÓW ZDEFINIOWANYCH DLA PROGRAMU | CELE PRZEDMIOTU | TREŚCI PROGRAMOWE | NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE | SPOSOBY OCENY |
|-------------------|--|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| EK1 | K1_W02 K1_W05 K1_W08 | Cel 1 | C1 C2 W1 W2 L1 | N1 N3 | F1 F2 P1 P2 |
| EK2 | K1_W02 K1_W04 K1_W05 | Cel 1 Cel 2 | C1 C2 W3 L2 | N1 N3 | F1 F2 P1 P2 |
| EK3 | K1_W02 K1_W08 K1_W09 | Cel 1 Cel 2 | C1 C2 W4 L5 | N1 N3 | F1 F2 P1 P2 |
| EK4 | K1_W02 K1_W05 K1_W09 | Cel 1 Cel 2 | C1 C2 W5 L3 | N1 N3 | F1 F2 P1 P2 |
| EK5 | K1_W02 K1_W05 K1_W08 | Cel 1 Cel 2 | C1 C2 W6 | N1 | F1 P1 P2 |
| EK6 | K1_W08 K1_U01 K1_U05 | Cel 1 Cel 2 Cel 3 | W1 W2 W3 W4 W5 W6 | N1 | F1 P1 P2 |
| EK7 | K1_U03 K1_U05 K1_U08 | Cel 3 | L1 L2 L3 L4 L5 | N2 N3 | F2 P1 P2 |
| EK8 | K1_K01 K1_K04 | Cel 3 | C1 C2 | N2 N3 | P2 |

11 WYKAZ LITERATURY

LITERATURA PODSTAWOWA

- [1] Andrzej Oleś — *Metody doświadczalne fizyki ciała stałego*, , 1998, PWN
- [2] A. Róz, M. Ferreira, F. de Lima Leite, O. Oliveira, Jr. (EDs) — *Nanocharacterization Techniques*, , 2017, Elsevier

12 INFORMACJE O NAUCZYCIELACH AKADEMICKICH

OSOBA ODPOWIEDZIALNA ZA KARTĘ

dr Katarzyna Suchanek (kontakt: katarzyna.suchanek@pk.edu.pl)



13 ZATWIERDZENIE KARTY PRZEDMIOTU DO REALIZACJI

(miejsowość, data)

(odpowiedzialny za przedmiot)

(dziekan)