

1.	Nazwa kierunku	mikro i nanotechnologia
2.	Wydział	Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych
3.	Cykl rozpoczęcia	2019/2020 (semestr zimowy), 2020/2021 (semestr zimowy), 2021/2022 (semestr zimowy), 2022/2023 (semestr zimowy)
4.	Poziom kształcenia	studia pierwszego stopnia (inżynierskie)
5.	Profil kształcenia	ogólnoakademicki
6.	Forma prowadzenia studiów	stacjonarna

Moduł kształcenia: Metody charkteryzacji nanomateriałów cz.1 i cz. 2

Kod modułu: 1MN-12

1. Liczba punktów ECTS: 6

2. Zakładane efekty uczenia się modułu			
kod	opis	efekty uczenia się kierunku	stopień realizacji (skala 1-5)
1MN-12-01	Student posiada wiedzę w zakresie podstawowych zjawisk fizycznych oraz zna różne rodzaje nanomateriałów.	KN_U03 KN_W04 KN_W05	5 5 5
1MN-12-02	Student posiada wiedzę w zakresie metod doświadczalnych wykorzystywanych w charkteryzacji nanomateriałów.	KN_U16 KN_U17	5 5
1MN-12-03	Student rozumie cel charakteryzacji struktury nanomaneriałów oraz ma elementarną wiedzę w zakresie opisu ilościowego struktury.	KN_W01 KN_W03 KN_W06	5 5 5
1MN-12-04	Student potrafi określić i zinterpretować podstawowe parametry struktury nanomateriałów na podstawie wykonanych pomiarów.	KN_U15	5

3. Opis modułu	
Opis	W ramach wykładów przedstawione zostaną następujące zagadnienia: Część I - Metody obrazowania struktury nanomateriałów 1. Metody rentgenowskie – analiza dyfraktogramów - wielkości nanokrystalitów, makronaprężeń oraz mikro- i makroodkształceń (XRD), badanie periodyczności i grubości warstw w strukturach wielowarstwowych, rozkładu wielkości nanocząstek oraz tekstury. Wykorzystanie dyfrakcji rentgenowskiej XRD, reflektometrii rentgenowskiej XRR oraz małokątowego rozpraszania promieniowania rentgenowskiego SAXS. 2. Metody spektroskopowe - analiza składu chemicznego przekroju cienkich warstw w połączeniu z technikami rozpylania jonowego. Wykorzystane metody charakteryzacji: spektrometria mas jonów wtórnych SIMS, fotoemisja rentgenowska XPS, spektroskopia elektronów Augera AES

	3. Techniki tomograficzne – mikrotomografia komputerowa APT (atom probe tomography) jako odwzorowanie trójwymiarowej mikrostruktury 4. Mikroskopia elektronowa – wizualizacja struktury, powierzchni i rozmiarów nanomateriałów z wykorzystaniem technik: skaningowej mikroskopii elektronowej SEM, transmisyjnej mikroskopii elektronowej TEM oraz skaningowej transmisyjnej mikroskopii elektronowej STEM. Preparatyka nanomateriałów np. za pomocą metody FIB (focus ion beam). 5. Mikroskopia sond skanujących i mikroskopia sił atomowych – wizualizacja topografii i badanie właściwości fizykochemicznych nanomateriałów 6. Pomiar właściwości mechanicznych - pomiar nanotwardości. Część II – Opis ilościowy struktury nanomateriałów 1. Metody opisu kształtu i pomiary wielkości nanomateriałów a. Parametry lokalne i globalne b. Parametry opisujące wielkość i kształt c. Analiza obrazu i wyznaczanie wielkości parametrów – analiza liczby obiektów, analiza wielkości (rozmiaru) obiektów, analiza udziału objętościowego obiektów, analiza kształtu obiektów, analiza sposobu rozmieszczenia obiektów 2. Pomiar rozkładu wielkości nanomateriałów/nanocząstek metodą rozpraszania światła laserowego 3. Pomiar rozmiaru krystalitów metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego – metoda Scherrera, metoda Williamsona–Halla 4. Badanie rozkładu wielkości nanokrystalitów metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego - analiza kształtu piku dyfrakcyjnego, ograniczenia metody, oszacowanie i redukcja błędów pomiarowych 5. Pomiar stabilności koloidów i zawiesin nanocząstek. W ramach zajęć laboratoryjnych wykonywane będą ćwiczenia mające na celu zapoznanie studentów z wybranymi technikami charakteryzacji nanomateriałów. Student na podstawie wiedzy uzyskanej na wykładzie oraz samodzielnej pracy będzie w stanie wyznaczyć podstawowe parametry struktury i mikrostruktury zbadanych nanomateriałów.
Wymagania wstępne	Podstawowa wiedza z zakresu podstaw fizyki. Podstawowa wiedza z zakresu podstaw fizyki ciała stałego, krystalografii Podstawowa wiedza z zakresu nanotechnologii.

4. Sposoby weryfikacji efektów uczenia się modułu			
kod	nazwa (typ)	opis	efekty uczenia się modułu
1MN-12-w1	egzamin	Egzamin ustny lub pisemny sprawdzający stopień opanowania materiału wykładu.	1MN-12-01, 1MN-12-02, 1MN-12-03, 1MN-12-04
1MN-12-w2	sprawdzanie	Ocena końcowa jest średnią arytmetyczną ocen częściowych z pisemnego sprawozdania, zaokrągloną w górę lub w dół, biorąc pod uwagę aktywność studenta podczas laboratorium.	1MN-12-01, 1MN-12-02, 1MN-12-03, 1MN-12-04

5. Rodzaje prowadzonych zajęć						
kod	rodzaj prowadzonych zajęć			praca własna studenta		sposoby weryfikacji efektów uczenia się
	nazwa	opis (z uwzględnieniem metod dydaktycznych)	liczba godzin	opis	liczba godzin	
1MN-12-z1	wykład	Wykład z wykorzystaniem technik audiowizualnych – przyswajanie i pogłębianie wiedzy.	15	Praca z podręcznikiem i materiałami z wykładu.	20	1MN-12-w1
1MN-12-z2	laboratorium	Samodzielne wykonywanie ćwiczeń – wykonywanie ćwiczeń laboratoryjnych, wykonywanie projektów.	45		30	1MN-12-w2