

## STUDIA I STOPNIA

## KARTA KURSU (realizowanego w module specjalności)

Fizyka materii*(nazwa specjalności)*

Nazwa	Fizyka Nanostruktur i Nanotechnologii		
Nazwa w j. ang.	Physics of Nanostructures and Nanotechnology		
Kod		Punktacja ECTS*	4
Koordynator	dr hab. prof UP Hoa Kim Ngan Nhu-Tarnawska	Zespół dydaktyczny	

## Opis kursu (cele kształcenia)

Celem kursu jest zapoznanie uczestników kursu z aktualnymi kierunkami badań fizyki powierzchni materii skondensowanej, układów cienkowarstwowych, nanodrutów i nanorurek oraz nanocząstek. Zapoznanie studentów z metodami doświadczalnymi stosowanymi w ich badaniach, z metodami teoretycznymi opisu procesów fizycznych oraz sposobem ich wykorzystania do zrozumienia i prawidłowej interpretacji wyników doświadczalnych.

W ramach zajęć studenci zapoznają się z aspektami technicznym prowadzenia pomiarów, aparaturą pomiarową oraz oprogramowaniem służącym do opracowania wyników badań. Przedstawienie współczesnych technik badawczych materiałów przy użyciu mikroskopu skaningowego.

## Efekty kształcenia

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów dla specjalności (określonych w karcie programu studiów dla modułu specjalnościowego)
Wiedza	W01 – student ma wiedzę dotyczącą podstawowych kierunków badawczych fizyki powierzchni fazy skondensowanej, układów cienkowarstwowych, nanodrutów i nanorurek oraz nanocząstek.	K_W01, K_W02
	W02 – student zna podstawowe metody eksperymentalne badania powierzchniowych i objętościowych własności fazy skondensowanej. Zna najnowsze osiągnięcia eksperymentalne fizyki powierzchni fazy skondensowanej.	K_W01, K_W03 K_W08, K_W09
	W03 – Student zna wybrane metody eksperymentalne badania topologii powierzchni i nanostruktur tworzonych na powierzchni materiałów. Ma wiedzę z podstaw technologii wytwarzania nowoczesnych materiałów: technologii wzrostu cienkich warstw i heterostruktur, w szczególności metody MBE (epitaksja z wiązek molekularnych).	K_W01, K_W03, K_W04
	W04 – student zna podstawowe zastosowania układów heterostruktur. Ma wiedzę z zakresu podstawowych metod teoretycznego opisu własności strukturalnych i elektronowych różnego rodzaju układów powierzchniowych. Ma wiedzę dotyczącą sposobu użycia tych metod w zrozumieniu i interpretacji wyników doświadczalnych.	K_W01, K_W03, K_W06

	W05 – Student ma podstawową wiedzę dotyczącą symulacji procesów powierzchniowych takich jak np. dyfuzja, adsorpcja, dysocjacja oraz formowania się obrazów w Skaningowej Mikroskopii Tunelowej i Mikroskopii Sił Atomowych.	K_W01, K_W03, K_W04, K_W06
--	---	----------------------------

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów dla specjalności (określonych w karcie programu studiów dla modułu specjalność)
Umiejętności	U01 – Student umie omówić wybrane zjawiska, eksperymenty, metody badawcze i teorie fizyczne związane z aktualnymi pracami w dziedzinie fizyki powierzchni.	K_U01, K_U02
	U02 – Student umie wybrać odpowiednie techniki doświadczalne do realizacji określonego zadania badawczego.	K_U01, K_U02
	U03 – Student umie wybrać i ocenić metodę do wytwarzania układów cienkowarstwowych i heterostruktur.	K_U01, K_U02, K_U06, K_U07
	U04 – Student posiada podstawowe umiejętności dotyczące symulacji procesów powierzchniowych takich jak np. dyfuzja, adsorpcja, dysocjacja.	K_U01, K_U02, K_U05, K_U06, K_U07
	U05 – Student posiada podstawowe umiejętności dotyczące wykorzystania poznanych metod teoretycznych do zrozumienia i prawidłowej interpretacji wyników doświadczalnych.	K_U01, K_U02, K_U05, K_U06, K_U07

	Efekt kształcenia dla kursu	Odniesienie do efektów dla specjalności (określonych w karcie programu studiów dla modułu specjalnościowego)
Kompetencje społeczne	K01 – rozumie rolę współczesnych metod doświadczalnych w rozwoju materiałoznawstwa. Ma świadomość znaczenia podejmowania badań naukowych w dziedzinie fizyki dla rozwoju nauki i rozwoju cywilizacyjnego.	K_K01 – K05
	K02 – rozumie konieczność stałego śledzenia literatury fachowej.	
	K03 – wykazuje umiejętność rozumienia i stosowania w praktyce zdobytej wiedzy.	
	K04 – korzysta z różnych źródeł informacji w celu podnoszenia poziomu wiedzy i umiejętności, rozumie wagę samokształcenia w podnoszeniu kwalifikacji zawodowych i powodzeniu na rynku pracy.	
	K05 – posiada umiejętność prezentowania oraz uzasadniania i obrony swoich poglądów naukowych.	

Organizacja											
Forma zajęć	Wykład (W)	Ćwiczenia w grupach									
		A		K		L		S		P	E
Liczba godzin	15			15							

## Opis metod prowadzenia zajęć

Zajęcia prowadzone są metodą wykładu z wykorzystaniem prezentacji multimedialnych oraz dyskusji dotyczących omawianych zagadnień.

W ramach zajęć studenci będą mieli możliwość zapoznania się z pracą w laboratorium skaningowej mikroskopii tunelowej oraz mikroskopii sił atomowych w Laboratorium Nanostruktur UP.

## Formy sprawdzania efektów kształcenia

	E – learning	Gry dydaktyczne	Ćwiczenia w szkole	Zajęcia terenowe	Praca laboratoryjna	Projekt indywidualny	Projekt grupowy	Udział w dyskusji	Referat	Praca pisemna (esej)	Egzamin ustny	Egzamin pisemny	Inne
W01						x		x	x		x		
W02						x		x	x		x		
W03						x		x	x		x		
W04						x		x	x		x		
W05						x		x	x		x		
U01						x		x	x		x		
U02						x		x	x		x		
U03						x		x	x		x		
U04						x		x	x		x		
U05						x		x	x		x		
K01						x		x	x		x		
K02						x		x	x		x		
K03						x		x	x		x		
K04						x		x	x		x		
K05						x		x	x		x		

Kryteria oceny	<p><b>BARDZO DOBRY</b> Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W01-W05 i U01- U05 oraz kompetencje K01-K05 i wykazuje samodzielność, operatywność i twórcze podejście w ich stosowaniu w procesie edukacyjnym.</p> <p><b>DOBRY</b> Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W01-W05 i U01- U05 oraz kompetencje K01-K05. Wykorzystuje je w procesie edukacyjnym według wskazówek nauczyciela akademickiego.</p> <p><b>DOSTATECZNY</b> Student posiada wiedzę i umiejętności wymienione w punktach W01-W05 i U01- U05 oraz kompetencje K01-K05. Stosuje je w procesie nauczania według szczegółowej instrukcji nauczyciela akademickiego.</p> <p><b>NIEDOSTATECZNY</b> Student w dużym stopniu nie posiada wiedzy wymienionej w punktach W01-W05, nie osiągnął większości umiejętności i kompetencji.</p>
----------------	---

Uwagi	
-------	--

## Treści merytoryczne (wykaz tematów)

1. Krystalografia powierzchni.
2. Technika ultra wysokiej próżni (UHV).
3. Wzrost warstw. Techniki chemiczne (CVD, PECVD) i fizyczne (epitaksja z wiązki molekularnej (MBE), rozpylanie katodowego).
4. Metody charakteryzowania i obrazowania nanomateriałów i nanostruktur.
5. Oddziaływanie elektronów z materią. Wysokorozdzielcze techniki obrazowania: skaningowy mikroskop Elektronowy (SEM), (Skaningowy) Elektronowy Mikroskop Transmisyjny (TEM, STEM), Dyfrakcja niskoenergetycznych elektronów (LEED), Dyfrakcja obiciowa wysokoenergetycznych elektronów (RHEED).
6. Oddziaływanie jonów z powierzchnią. Dyfrakcja jonów niskoenergetycznych (LEID). Rozpraszanie jonów niskoenergetycznych (LEIS). Rozpraszanie atomów helu (HAS). Rozpraszanie wstecznie Rutherforda (RBS).
7. Zjawiska emisji termicznej i polowej. Działo elektronowe (LEG i FEG). Polowa Mikroskopia Jonowa (FIM).
8. Zjawisko tunelowania. Skaningowy mikroskop tunelowy (STM).
9. Oddziaływania między atomami. Mikroskopia sił atomowych (AFM, FFM, MFM).
10. Manipulowanie atomami i „pisanie atomami” (pisanie w skali nanometrycznej).

## Wykaz literatury podstawowej

1. A. Oleś. Metody doświadczalne fizyki ciała stałego. (Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. 1999).
2. D.P. Woodruff, T.A. Delchar, Modern techniques of surface science (Cambridge University Press. 1990).
3. The UK Surface Analysis Forum. Introductions to Many Surface Science Techniques.  
<http://www.uksaf.org/tech/list.html>
4. Ed Regis, Nanotechnologia. Narodziny nowej nauki, czyli świat cząsteczka po cząsteczce, Warszawa, 2001.
5. R.W. Kelsall, I.W. Hamley, M. Geoghegan, Nanotechnologie, Wydawnictwo Naukowe PWN 2008.

## Wykaz literatury uzupełniającej

1. C. Kittel. Wstęp do fizyki ciała stałego. (Wydawnictwo Naukowe PWN. 2012).
2. M. Nowicki. Efekty dyfrakcyjne elektronów pierwotnych i wtórnych w badaniach strukturalnych (Wrocław. 2003).
3. H. Ibach. Physics of Surface and Interfaces (Springer. 2006).
4. H. Lüth. Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films (Springer. 2001).

## Bilans godzinowy zgodny z CNPS (Całkowity Nakład Pracy Studenta)

Ilość godzin w kontakcie z prowadzącymi	Wykład	15
	Konwersatorium (ćwiczenia, laboratorium itd.)	15
	Pozostałe godziny kontaktu studenta z prowadzącym	20
Ilość godzin pracy studenta bez kontaktu z prowadzącymi	Lektura w ramach przygotowania do zajęć	10
	Przygotowanie krótkiej pracy pisemnej lub referatu po zapoznaniu się z niezbędną literaturą przedmiotu	10
	Przygotowanie projektu lub prezentacji na podany temat (praca w grupie)	10
	Przygotowanie do egzaminu	20
Ogółem bilans czasu pracy		100
Ilość punktów ECTS w zależności od przyjętego przelicznika 1ECTS=25h		4