

INŻYNIERIA NANOSTRUKTUR

2-letnie studia II stopnia (magisterskie)

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA STUDIÓW

Studia II stopnia na kierunku „Inżynieria nanostruktur” odbywają się w ramach trzech ścieżek kształcenia (odpowiedników specjalizacji): Fotonika (Photonics), Modelowanie Nanostruktur i Nowych Materiałów (MONASTR) (Modeling of Nanostructures and Novel Materials), Nanotechnologie i Charakteryzacja Nowych Materiałów (NiChNM) (Nanotechnologies and the Characterization of Novel Materials).

Absolwent studiów II stopnia „Inżynieria nanostruktur” będzie posiadać interdyscyplinarną wiedzę z zakresu fizyki i chemii. Absolwent uzyska wiedzę zarówno teoretyczną, jak również praktyczną w trakcie pracy w nowoczesnie wyposażonych laboratoriach Uniwersytetu Warszawskiego oraz współpracujących z nimi innych jednostek naukowych. Absolwent pozna i zrozumie rolę nanotechnologii i inżynierii nanostruktur w rozwoju nowoczesnego społeczeństwa. Absolwent będzie merytorycznie przygotowany do rozwiązywania problemów technicznych i naukowych w nanotechnologii, zarówno w skali laboratoryjnej jak i przemysłowej, w tym także badań środowiskowych. Uzyskana wiedza pozwoli absolwentowi na podjęcie pracy w instytucjach związanych z wykorzystaniem chemii, fizyki oraz na kontynuowanie nauki, w tym podjęcia studiów III stopnia.

Studia w ramach ścieżki Fotonika są poświęcone poznaniu technologii nanostruktur i materiałów dla fotoniki oraz zaznajomieniu się z podstawowymi metodami fizykochemicznymi, stosowanymi dla ich badania. Studia dają również możliwość poznania zasad działania podstawowych przyrządów i elementów fonicznych. W ramach ścieżki studenci wykonują pracy magisterską, polegającą na rozwiązaniu postawionego zagadnienia dotyczącego otrzymania lub zbadania właściwości materiału dla fotoniki. Opiekunami prac magisterskich mogą być wszyscy nauczyciele akademicy Wydziału Fizyki i Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, zajmujący się w swojej pracy naukowej technologią i badaniami materiałów dla fotoniki.

Studia w ramach ścieżki MONASTR są poświęcone modelowaniu własności nanostruktur i nowych materiałów. Istotną cechą tych studiów jest zaznajomienie studentów z nowoczesnymi metodami modelowania nanostruktur i nowych materiałów oraz, w ogólności, metod poznawania natury opartymi o realistyczne symulacje komputerowe. W ramach ścieżki, studenci wykonują pracy magisterską, w której zostanie przeprowadzone modelowanie nanostruktur, własności nowych materiałów, lub zostanie opracowane nowe narzędzie badawcze w postaci programu numerycznego. Opiekunami prac magisterskich mogą być wszyscy nauczyciele akademicy Wydziału Fizyki i Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego zajmujący się w swojej pracy naukowej modelowaniem własności fizycznych i chemicznych nanostruktur i nowych materiałów.

Studia w ramach ścieżki NiChNM są poświęcone projektowaniu i badaniu właściwości fizykochemicznych nowych materiałów, w szczególności wpływowi nanostrukturacji na właściwości fizykochemiczne nanomateriałów węglowych, półprzewodnikowych

i polimerowych. Studenci ścieżki poznają strategie syntezy i fizycznego otrzymywania nanostruktur oraz ich charakteryzacji za pomocą najnowocześniejszych metod badawczych. Praktyczne zajęcia zawarte w programie specjalności mają charakter przekrojowy i będą uczyły wyboru i zastosowania wielu komplementarnych technik badawczych. Część teoretyczna będzie poświęcona wpływowi nanostrukturacji na właściwości fizykochemiczne materiałów oraz podstawom fizycznym stosowanych metod badawczych.

Efekty kształcenia

Fotonika: Uzyskanie wiedzy w zakresie fizyki, chemii i technologii materiałów, struktur i przyrządów fonicznych. Nacisk położony jest na wiedzę doświadczalną - absolwent powinien poradzić sobie z otrzymaniem wybranych materiałów lub struktur fonicznych oraz z ich podstawową charakteryzacją. Sprawdzeniem praktycznego stosowania nabytej wiedzy będzie wykonanie pracy magisterskiej polegającej na rozwiązaniu postawionego zagadnienia dotyczącego otrzymania lub zbadania właściwości materiału lub struktury fonicznej.

MONASTR: Uzyskanie wiedzy w zakresie fizyki, chemii, matematyki, metod numerycznych, oraz praktycznego wykorzystywania technologii informacyjnych potrzebnej do przeprowadzenia (i) modelowania struktury elektronowej nanostruktur, ich fizycznych i chemicznych własności oraz (ii) modelowania nowych materiałów. Sprawdzeniem praktycznego stosowania nabytej wiedzy będzie wykonanie pracy magisterskiej polegającej na modelowaniu (symulacjach) nanostruktur i nowych materiałów.

NiChNM: Zapoznanie się ze stosowanymi obecnie metodami syntezy nanostruktur oraz umiejętność samodzielnego opracowania nowych lub modyfikacji istniejących metod syntezy. Pogłębienie i rozszerzenie podstaw teoretycznych oraz praktycznego zastosowania spektroskopowych i mikroskopowych metod charakteryzacji nanostruktur. Wykorzystanie tych metod do badania zagadnień fizykochemicznych. Opanowanie wiedzy teoretycznej niezbędnej dla zrozumienia związków pomiędzy rozmiarem, sposobem otrzymywania, a właściwościami fizykochemicznymi nanomateriałów.

Absolwent studiów II stopnia Inżynierii nanostruktur otrzyma wykształcenie w dziedzinie chemii, fizyki, nanotechnologii i inżynierii nanostruktur. Będzie posiadać rozszerzoną wiedzę w zakresie fizyki i chemii, oraz ich historyczny rozwój i znaczenie dla postępu nauk ścisłych i przyrodniczych, poznania świata i rozwoju ludzkości. Będzie posiadał pogłębioną wiedzę w zakresie zaawansowanej matematyki i metod matematycznych; będzie znał zaawansowane techniki numeryczne, obliczeniowe i informatyczne, a także zaawansowane techniki doświadczalne i obserwacyjne. Absolwent Inżynierii nanostruktur w trakcie studiów pozna nowoczesną aparaturę naukowo-badawczą oraz częściowo aparaturę przemysłową wykorzystywanej w inżynierii nanostruktur. Będzie znać zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu pozwalającym na samodzielną pracę w obszarze fizyki, chemii, nanotechnologii oraz inżynierii nanostruktur.

Absolwent Inżynierii nanostruktur będą posiadali wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju i najnowszych odkryciach w dziedzinie fizyki, chemii, nanotechnologii oraz inżynierii nanostruktur, będzie potrafił zaplanować i wykonać obserwacje, doświadczenia, i obliczenia z zakresu fizyki, chemii oraz dotyczące nanotechnologii i inżynierii nanostruktur. Będzie potrafił krytycznie ocenić wyniki doświadczeń i obliczeń teoretycznych oraz przeprowadzić analizę ich dokładności, znajdować niezbędne informacje w literaturze fachowej, bazach

danych i innych źródłach; będzie znał podstawowe czasopisma naukowe dotyczące fizyki, chemii, nanotechnologii oraz inżynierii nanostruktur oraz będzie umiał zastosować zdobytą wiedzę, umiejętności oraz metodykę fizyki i chemii do rozwiązywania problemów z dziedzin pokrewnych. Będzie rozumiał potrzebę uczenia się przez całe życie; oraz dzięki zajęciom w grupach badawczych będzie potrafił współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role. Będzie umiał samodzielnie uczyć się oraz określić kierunki swego dalszego kształcenia gdyż będzie rozumiał potrzebę uczenia się przez całe życie. Będzie potrafił odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania oraz będzie miał świadomość odpowiedzialności za podejmowane inicjatywy badań, eksperymentów lub obserwacji; rozumie społeczne aspekty praktycznego stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności oraz związaną z tym odpowiedzialność.

Absolwent Inżynierii nanostruktur będzie potrafił przedstawić wiedzę, wyniki badań i odkrycia naukowe w sposób jasny i systematyczny, prezentując przyjętą metodologię, a także omawiając znaczenie uzyskanych wyników na tle innych podobnych badań. Będzie potrafił skutecznie komunikować się ze specjalistami oraz niespecjalistami w zakresie fizyki, chemii, nanotechnologii i inżynierii nanostruktur oraz dziedzin pokrewnych, nawiązując dyskusję naukową lub przyczyniając się do popularyzacji wiedzy. Będzie posiadał umiejętność przygotowania różnych prac pisemnych, ustnych, także w języku angielskim na poziomie B2+.

Absolwent będzie znał ogólne zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości, wykorzystującej wiedzę z fizyki, chemii, nanotechnologii oraz inżynierii nanostruktur, będzie rozumiał podstawowe pojęcia i zasady z zakresu ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego oraz konieczność zarządzania zasobami własności intelektualnej; potrafi korzystać z zasobów informacji patentowych.

W szczególności każda ze ścieżek kształcenia na studiach II stopnia Inżynierii nanostruktur będzie pozwalała na wykorzystanie wiedzy specjalistycznej oraz umiejętności charakterystycznych dla każdej z dziedzin.

Fotonika: Absolwent ścieżki Fotonika będzie charakteryzować się:

- otwartością na wciąż nowe wyzwania stawiane materiałom dla fotoniki, zarówno w zakresie ich technologii, jak też badania i modyfikacji ich właściwości. Absolwenci mogliby znaleźć zatrudnienie w instytutach badawczych, a również w rozwijającej się gospodarce związanej z przemysłem telekomunikacyjnym, dotyczącym konstrukcji i wytwarzania źródeł światła, detektorów, elementów optycznych i t.p.
- umiejętnością samodzielnego doksztalcenia się.

Absolwent powinien posiadać umiejętność:

- rozumienia działania podstawowych przyrządów i elementów fonicznych,
- rozumienia podstawowych metod technologii i nanotechnologii materiałów tworzonych na potrzeby fotoniki,
- znajomość podstawowych metod charakteryzacji materiałów i struktur fonicznych twórczego podejścia do zagadnienia nowych materiałów dla fotoniki, zarówno pod względem technologii ich otrzymywania, jak i modyfikowania ich właściwości,
- pracy w zespołach interdyscyplinarnych.

MONASTR: Absolwent ścieżki Modelowanie Nanostruktur i Nowych Materiałów będzie charakteryzować się:

- otwartością na różnorodne wymagania i potrzeby merytoryczne na stanowiskach pracy wymagających operowania złożonymi programami numerycznymi, umiejętności dostrzegania zarówno zjawisk i procesów fizycznych (jak też biologicznych, ekonomicznych czy socjologicznych), umiejętności matematycznego opisu procesów, ich algorytmizacji, modelowania i przeprowadzania symulacji. Absolwenci mogliby znaleźć zatrudnienie nie tylko w placówkach badawczych, ale również w stale informatyzującej się gospodarce (np. banki, giełda, instytucje centralne, firmy ubezpieczeniowe, etc.),
- umiejętnością samodzielnego dokształcania się.

Absolwent powinien posiadać umiejętność:

- zdefiniowania i rozumienia podstawowych zagadnień nanotechnologii, dostrzegania zarówno zjawisk i procesów fizycznych jak też ekonomicznych,
- pozyskiwania i opracowywania danych empirycznych a w tym zwłaszcza dużych rekordów danych,
- umiejętność wizualizacji danych i ich interpretacji,
- modelowania matematycznego i algorytmizowania oraz modelowania numerycznego i komputerowego,
- umiejętność projektowania i prowadzenia symulacji komputerowych oraz porównywania uzyskanych wyników teoretycznych z empirycznymi,
- pracy w zespołach interdyscyplinarnych.

NiChNM: Absolwent ścieżki Nanotechnologie i Charakteryzacja Nowych Materiałów będzie charakteryzować się:

- umiejętnością projektowania i wykonania syntez nanostruktur – wykorzystywania w tym celu literatury naukowej i technicznej,
- umiejętnością doboru odpowiednich metod do badania właściwości fizykochemicznych, na przykład lepkości, hydrofobowości, wielkość cząstek, właściwości optycznych, składu i rozkład składników w próbce materiału oraz umiejętność przeprowadzenia odpowiednich pomiarów,
- umiejętność korzystania z literatury naukowej i technicznej oraz ciągłego dokształcania się w zakresie nowych rozwiązań technicznych.

Absolwent powinien posiadać umiejętność:

- rozumienia podstawowych metod technologii i nanotechnologii materiałów, znajomość podstawowych metod charakteryzacji nanomateriałów,
- twórczego podejścia do zagadnienia nowych nanomateriałów, zarówno pod względem technologii ich otrzymywania, jak i modyfikowania ich właściwości,
- pracy w zespołach interdyscyplinarnych.

Możliwe miejsca zatrudnienia:

- instytuty badawcze i badawczo rozwojowe;

- firmy produkujące nanomateriały, materiały elektroniczne, kosmetyki, środki czyszczące i ochronne, firmy farmaceutyczne;
- laboratoria badawczo-rozwojowe oraz laboratoria kontroli jakości wykorzystujące różnorodne metody spektroskopowe.

2. PLAN STUDIÓW

Oznaczenia stosowane w tabelach: W – wykład, Ć – ćwiczenia, ĆW – ćwiczenia wykładowe, L – laboratorium, P – proseminarium, S – seminarium, K – konwersatorium, Wr – warsztaty, Pr – praktyki, USOS – Uniwersytecki System Obsługi Studiów, ECTS - Europejski System Transferu Punktów (ang. European Credit Transfer System).

W trakcie studiów:

- liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach prowadzonych w języku obcym na poziomie B2+ **3**
- liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach z przedmiotów ogólnouniwersyteckich spoza kierunku studiów **6**,
- liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach z przedmiotów z obszarów nauk humanistycznych lub społecznych **5**, może być w ramach przedmiotów, o których mowa w punkcie b),
- liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać za zaliczenie zespołowego projektu studenckiego **5**.

Warunkiem zaliczenia etapu studiów (tj. roku studiów) jest spełnienie wszystkich wymagań przewidzianych planem studiów danego etapu, zdobycie co najmniej 60 punktów ECTS rocznie oraz spełnienie szczegółowych wymagań związanych z danymi przedmiotami. Liczba punktów konieczna do zaliczenia semestru wynosi co najmniej **26 ECTS** (nie dotyczy IV semestru), podział zajęć pomiędzy dwa semestry w roku może być nierówny.

1 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Advanced Quantum Mechanics for Nanotechnology (60 h)	1100-4INZ'AQMN	2W+2Ć	egzamin	6
lub Spektroskopia molekularna z elementami chemii kwantowej (30 h)	1100-4INZ'SMECT	2W	egzamin	3
i Spektroskopia molekularna z elementami chemii kwantowej, laboratorium (30 h)	1100-4INZ'SMECT(L)	2L	zaliczenie na ocenę	3

Fizyka statystyczna A (60 h) lub Fizyka statystyczna B (60 h) lub Statistical Physics A (60 h)	1100-4INZ12A 1100-4INZ12B 1100-4INZ'SPA	2W+2Ć	egzamin	6
Analiza numeryczna do wyboru (lista N) (60-75 h w zależności od wyboru)			egzamin lub zaliczenie na ocenę	6
Zaawansowana pracownia inżynierii nanostruktur cz. I (45 h) lub Advanced Laboratory for Nanostructure Engineering part 1 (45 h)	1100-4INZ14 1100-4INZ14EN	3L	zaliczenie na ocenę	4
Analiza instrumentalna i spektroskopia molekularna, laboratorium (45 h)	1100-4INZ15L	3L	zaliczenie na ocenę	4
Analiza instrumentalna i spektroskopia molekularna, wykład (30 h)	1100-4INZ15W	2W	egzamin	3
Własność intelektualna i przedsiębiorczość (30 h)	1100-4AF13	2W	zaliczenie na ocenę	2

Łączna liczba godzin: **330/345**

Łączna liczba ECTS: **31**

2 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Zaawansowana pracownia inżynierii nanostruktur cz. II (60 h)	1100-4INZ24	4L	zaliczenie na ocenę	6
Fizyka materii skondensowanej i struktur półprzewodnikowych (60 h)	1101-4FS22	2W+2Ć	egzamin	6
Low-dimensional systems and nanostructures (75 h) lub Wybrane aspekty nanotechnologii (75 h)	1100-4INZ'LDSN	3W+2Ć	egzamin	6
Przedmioty specjalistyczne (90 h) lub wykłady monograficzne do wyboru (lista nr 1) (90 h)			według listy nr 1	9

Łączna liczba godzin: **285**

Łączna liczba ECTS: **27**

3 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Praktyki zawodowe INZN (70 – 90 h)	1100-4PRAKIN		zaliczenie	3
Pracownia specjalistyczna do wyboru IN	1100-5INZ12	8L	zaliczenie na ocenę	12
Przedmioty specjalistyczne (90 h) lub wykłady monograficzne do wyboru (lista nr 2) (90 h)			według listy nr 2	9
Proseminarium magisterskie IN (30 h)	1100-5INZ11	2S	zaliczenie na ocenę	2

Łączna liczba godzin: **270 + praktyki studenckie**

Łączna liczba ECTS: **26**

4 SEMESTR

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Pracownia specjalistyczna II w tym praca mgr. (240 h)	1101-5FD20	16L	zaliczenie	20
Przedmioty specjalistyczne (30 h) lub wykłady monograficzne do wyboru (lista nr 1) (30 h)			według listy nr 1	3
Proseminarium magisterskie B2+ (doświadczalne) (30 h)	1101-5FD21	2S	zaliczenie na ocenę	3
Seminarium specjalistyczne (lista nr 3) (60 h)		4S	zaliczenie na ocenę	4

Łączna liczba godzin: **360**

Łączna liczba ECTS: **30**

LISTA N. (Analiza numeryczna)

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Programowanie i metody numeryczne (75 h)	1100-2F25	2W+3Ć	egzamin	6
Modelowanie nanostruktur (75 h)	1100-3INZ12	2W+3Ć	zaliczenie na ocenę	6
Narzędzia obliczeniowe w analizie danych eksperymentalnych fizyki materii skondensowanej (60 h)	1101-4FS11	4Ć	zaliczenie na ocenę	6

Inne przedmioty numeryczne zatwierdzone przez opiekuna kierunku po uzgodnieniu z prodziekanem ds. studenckich				6
---	--	--	--	---

LISTA 1 (Przedmioty specjalistyczne i wykłady monograficzne do wyboru)

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Białka i kwasy nukleinowe jako elementy budulcowe urządzeń molekularnych (15 h)	1200-2MON4L	1W	zaliczenie na ocenę	1,5
Diluted Magnetic Semiconductors (30 h)	1101-4`DMS	2W	egzamin	3
Fizyka nanostruktur półprzewodnikowych (30 h)	1101-5FS21	2W	egzamin	3
Kwantowe podstawy elektroniki (30 h)	1101-5`KPE	2W	egzamin	3
Metody jądrowe fizyki ciała stałego (60 h)	1101-5MJ12	2W+2Ć	egzamin	6
Metody obliczeniowe mikrooptyki i fotoniki (30 h)	1103-4Fot24	2W+3Ć	egzamin	8
Modeling of nanostructures and materials (90 h)	1100-4INZ21	3W+3Ć	zaliczenie na ocenę	9
Nanostruktury węglowe (15 h)	1200-3IN`NW	1W	zaliczenie na ocenę	1,5
Nowe materiały: otrzymywanie, właściwości i zastosowania (30 h)	1200-2SPEC62M	2W	egzamin	3
Optyka instrumentalna (30 h)	1101-4Opt23	2W	egzamin	3
Modeling of nanostructures and materials (45 h)	1100-4INZ21W	3W	zaliczenie na ocenę	4,5
Proseminarium fotoniki (30 h)	1103-4Fot25	2S	zaliczenie na ocenę	3
Proseminarium fizyki półprzewodników (30 h)	1101-4FS28	2S	zaliczenie na ocenę	3
Teoria ciała stałego (60 h)	1102-5`TCSt	2W+2Ć	egzamin	6
Współczesna synteza organiczna (105 h)	1100-4INZ`WSO	3W+4L	egzamin	10,5
Wstęp do fizyki magnetyzmu (30 h)	1101-4`WFM	2W	egzamin	3
Zastosowanie SEM i EDS w analizie chemicznej (15 h)	1200-2MON30L	1W	zaliczenie na ocenę	1,5

Laboratorium Fizyki Teoretycznej (30 h)	1100-2`LFT	2L	egzamin	3
Zespołowy projekt studencki (60 h)			zaliczenie na ocenę	5
Inne wykłady specjalistyczne lub monograficzne z oferty UW zatwierdzone przez opiekuna kierunku po uzgodnieniu z prodziekanem ds. studenckich			egzamin lub zaliczenie na ocenę	6

LISTA 2 (Przedmioty specjalistyczne i wykłady monograficzne do wyboru)

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Metody jądrowe w fizyce ciała stałego (30 h)	1100-4MJFCS	2W	zaliczenie na ocenę	3
Modelowanie molekularne (45 h)	1200-2BLOK7WL2	1W+2L	egzamin	4,5
Najnowsze odkrycia fizyki materii skondensowanej (30 h)	1101-4`NOFMS	2W	egzamin	3
Optyczne własności półprzewodników (30 h)	1101-5FS12	2W	egzamin	3
Phenomenology of High-Tc superconductors (30 h)	1100-4INZ`PHTS	2W	egzamin	3
Physical Foundations of Nanotechnology - Quantum Transport in Nanostructures (30 h)	1102-677	2W	egzamin	3
Physico-chemistry of planar nano-materials (30 h)	1100-4INZ`PCPNM	2W	egzamin	3
Technologia i strukturyzacja materiałów półprzewodnikowych (30 h)	1101-5FS13	2W	egzamin	3
Współczesne metody doświadczalne fizyki materii skondensowanej i optyki (60 h)	1101-4FD12	2W+2Ć	egzamin	6
Struktura i dynamika siecifyzy skondensowanej (30 h)		2W	egzamin	3
Optics and quantum information (co dwa lata) (30 h)		2W	egzamin	3
Plazmonika (30 h)	1100-3IN`Pla	2W	egzamin	3
Zespołowy projekt studencki			zaliczenie na ocenę	5
Inne wykłady specjalistyczne lub monograficzne z oferty UW zatwierdzone przez opiekuna kierunku po uzgodnieniu z prodziekanem ds. studenckich			egzamin lub zaliczenie na ocenę	

LISTA 3 (seminaria specjalistyczne)

Nazwa przedmiotu	Kod w USOS	Godziny zajęć w tygodniu	Forma zaliczenia	ECTS
Seminarium „Teoria i modelowanie nanostruktur” (30 h)	1102-5sTiMN	2S	zaliczenie na ocenę	2
Seminarium fizyka materii skondensowanej (30 h)	1102-5sFMSk	2S	zaliczenie na ocenę	2
Seminarium fotoniki (2 semestry) (30 h)	1103-5sFot	2S	zaliczenie na ocenę	3
Seminarium fizyki półprzewodników (30 h)	1101-5sFPprz	2S	zaliczenie na ocenę	2
Seminarium fizyki ciała stałego (30 h)	1101-5sFCSt	2S	zaliczenie na ocenę	2
Seminaria w innych instytutach Wydziału Fizyki, lub innych instytucjach zgodnie z rekomendacją osoby zaliczającej Warsztaty fizyki teoretycznej, wszystkie ścieżki		2S	zaliczenie na ocenę	2