Nanotechnologia jest nauką przyszłości, która znajdzie zastosowanie w większości branż przemysłu. Szacuje się, że w 2013 roku wartość światowego rynku produktów wykorzystujących nanotechnologie sięgnie 27 miliardów dolarów. W 2015 roku potrzeba będzie 2 milionów pracowników wyszkolonych w tej dziedzinie. Uruchomienie kierunku *Inżynieria nanostruktur* to jedna z odpowiedzi polskiego szkolnictwa wyższego na te wyzwania. Postęp w nanotechnologii pozwala na oszczędność miejsca i energii przy zachowaniu tej samej funkcjonalności. Wprowadza też innowacyjne materiały o nowej funkcjonalności i możliwości zastosowań (np. nanokatalizatory, światłowody fotoniczne). Jednak projektowanie, wytwarzanie, charakteryzacja, użytkowanie i masowa produkcja nowych materiałów wymaga zaangażowania specjalistów. Nanoobiekty mogą stanowić domenę zainteresowania zarówno fizyki, jak i chemii, a nawet biologii i medycyny. Potrzebne jest więc całościowe podejście do inżynierii nanostruktur oparte na szerokiej i usystematyzowanej wiedzy fizyka i chemika. Dotychczasowy podział wykształcenia wg dziedzin nauki nie sprzyja przygotowaniu odpowiednich kadr.

Podział nauk przyrodniczych na fizykę, chemię, matematykę i informatykę nie jest wystarczający, gdyż skomplikowany charakter zjawisk i procesów, którymi zajmuje się współczesna nauka, wymusza powiązanie tych dziedzin i kształcenie interdyscyplinarne. Kształcenie interdyscyplinarne w naukach matematyczno–przyrodniczych ułatwi dostosowanie się do szybko zmieniającego się świata technologii i pozwoli absolwentowi sprostać wymaganiom rynku pracy. Wychodząc naprzeciw światowym trendom Wydział Fizyki oraz Wydział Chemii UW powołały unikatowy program kształcenia na studiach II stopnia: makrokierunek „Inżynieria nanostruktur”.

Ogólne dane

Kierunek studiów: **Inżynieria nanostruktur**

Rodzaj studiów: *drugiego stopnia*

Forma studiów: *stacjonarne*

Czas trwania: 2 lata

Limit miejsc:

- 18 w trybie klasyfikacji uwzględniającej wyniki uzyskane podczas studiów,

- **6** w trybie kwalifikacji uwzględniającej wyniki egzaminu pisemnego.

Minimalna liczba osób przyjętych będąca warunkiem uruchomienia studiów: 6

Opis studiów (w tym: Sylwetka absolwenta)

Studia II stopnia na makrokierunku **„Inżynieria nanostruktur”** odbywają się w ramach trzech ścieżek kształcenia: ***Fotonika* (Photonics),**
Modelowanie Natostruktur i Nowych Materiałów (MONASTR) (Modeling of Nanostructures and Novel Materials), Nanotechnologie i Charakteryzacja Nowych Materiałów (NiChNM) (Nanotechnologies and the Characterization of Novel Materials)
. Studenci mają do wyboru zajęcia profilowane na zdobycie specjalistycznego wykształcenia związanego z nanotechnologiami, zagadnieniami będącymi aktualnymi problemami naukowymi i realizacji programu studiów II stopnia we współpracy z grupami badawczymi.

Po pierwszym semestrze II etapu studiów, studenci mogą wybrać ścieżkę kształcenia. W tym celu muszą udać się do opiekuna danej ścieżki, który przedstawi możliwości wykonywania prac magisterskich oraz ich opiekunów. Opiekun studenta będzie ustalał z każdym studentów indywidualny program studiów w zakresie wybieranych przedmiotów.

Preferowany profil kandydata dla ścieżki ***Fotonika***: zainteresowanie technologią, charakteryzacją i badaniami w zakresie materiałów dla fotoniki oraz konstrukcją i badaniami elementów i przyrządów fotonicznych.

Preferowany profil kandydata dla ścieżki ***Modelowanie Natostruktur i Nowych Materiałów (MONASTR)*** : zainteresowanie modelowaniem i wieloskalowymi symulacjami komputerowymi dotyczącymi nanostruktur i nowych materiałów oraz spełnienie wymogów punktu A2.

Preferowany profil kandydata dla ścieżki ***Nanotechnologie i Charakteryzacja Nowych Materiałów (NiChNM)*** : zainteresowanie wytwarzaniem i charakteryzacją nanostruktur i nowych materiałów.

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.
- chęcią dokształcania się.

Absolwent powinien posiadać umiejętność:

- rozumienia działania podstawowych przyrządów i elementów fotonicznych,
- rozumienia podstawowych metod technologii i nanotechnologii materiałów dla fotoniki,
- znajomość podstawowych metod charakteryzacji materiałów i struktur fotonicznych
- 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.).

- chęcią 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 umiejętność modelowania numerycznego i komputerowego a w tym zwłaszcza 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

Cele kształcenia

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 nowocześnie 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 fizyko-chemicznymi, stosowanymi dla ich badania. Studia dają również możliwość poznania zasad działania podstawowych przyrządów i elementów fotonicznych. W ramach ścieżki studenci wykonają pracy magisterską, polegającą na rozwiązaniu postawionego zagadnienia dotyczącego otrzymania lub zbadania właściwości materiału dla fotoniki. Opiekunami prac magisterskich mogą być wszyscy nauczyciele akademiccy 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 wykonają 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 akademiccy 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 nanostrukturyzacji 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 nano-strukturyzacji 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 fotonicznych. Nacisk położony jest na wiedzę doświadczalną - absolwent powinien poradzić sobie z otrzymaniem wybranych materiałów lub struktur fotonicznych oraz z ich podstawową charakteryzacją. Sprawdzianem praktycznego stosowania nabytej wiedzy będzie wykonanie pracy magisterskiej polegającej na rozwiązaniu postawionego zagadnienia dotyczącego otrzymania lub zbadania właściwości materiału lub struktury fotonicznej.

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. Sprawdzianem 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 Inzynierii nanostruktur otrzyma wykształcenie w dziedzinie chemii, fizyki, nanotechnologii i inżynierii nanostruktur. Będzie posiadć 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-badawdczą 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 potrafi 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.