

Załącznik

do uchwały nr 403 Senatu Uniwersytetu Warszawskiego z dnia 17 kwietnia 2024 r. w sprawie zmiany uchwały nr 36 Senatu Uniwersytetu
Warszawskiego z dnia 17 marca 2021 r. w sprawie programu studiów na kierunku studiów *nanoinżynieria*

„Załącznik

do uchwały nr 36 Senatu Uniwersytetu Warszawskiego z dnia 17 marca 2021 r. w sprawie programu studiów na kierunku studiów *nanoinżynieria*

**PROGRAM STUDIÓW
nanoinżynieria**

nazwa kierunku studiów	nanoinżynieria
nazwa kierunku studiów w języku angielskim / w języku wykładowym	Nanoengineering
język wykładowy	język polski
poziom kształcenia	pierwszego stopnia
poziom PRK	6
profil studiów	profil ogólnoakademicki
liczba semestrów	7
liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów	210
forma studiów	studia stacjonarne
tytuł zawodowy nadawany absolwentom (nazwa kwalifikacji w oryginalnym brzmieniu, poziom PRK)	inżynier
liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia	130

liczba punktów ECTS w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych (nie mniej niż 5 ECTS)	5
---	---

Przyporządkowanie kierunku studiów do dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, w których prowadzony jest kierunek studiów

Dziedzina nauki	Dyscyplina naukowa	Procentowy udział dyscyplin	Dyscyplina wiodąca (ponad połowa efektów uczenia się)
Nauki ścisłe i przyrodnicze	nauki fizyczne	66%	nauki fizyczne
Nauki ścisłe i przyrodnicze	nauki chemiczne	34%	
Razem:	-	100%	-

Efekty uczenia się zdefiniowane dla programu studiów odniesione do charakterystyk drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji dla kwalifikacji na poziomach 6-7 uzyskiwanych w ramach systemu szkolnictwa wyższego i nauki po uzyskaniu kwalifikacji pełnej na poziomie 4

Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Efekty uczenia się	Odniesienie do charakterystyk drugiego stopnia PRK
Wiedza: absolwent zna i rozumie		
K_W01	podstawowe i średnio złożone aspekty fizyki na poziomie ogólnym.	P6S_WG
K_W02	podstawowe i średnio złożone aspekty chemii na poziomie ogólnym.	P6S_WG
K_W03	matematykę wyższą w zakresie niezbędnym do ilościowego opisu, zrozumienia i modelowania zjawisk i problemów fizycznych o średnim poziomie złożoności.	P6S_WG
K_W04	matematykę wyższą w zakresie niezbędnym do ilościowego opisu, zrozumienia i modelowania zjawisk i problemów chemicznych o średnim poziomie złożoności.	P6S_WG
K_W05	podstawowe metody obliczeniowe stosowane do rozwiązywania typowych problemów fizycznych oraz przykłady praktycznej implementacji tych metod z wykorzystaniem narzędzi informatycznych; w szczególności zna podstawy programowania.	P6S_WG
K_W06	podstawy budowy i działania aparatury naukowej i sprzętu laboratoryjnego wykorzystywanego w fizyce.	P6S_WG
K_W07	podstawy budowy i działania aparatury naukowej i sprzętu laboratoryjnego wykorzystywanego w chemii.	P6S_WG
K_W08	podstawowe aspekty nanotechnologii oraz nanoinżynierii.	P6S_WG

K_W09	podstawowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, w tym pracy laboratoryjnej.	P6S_WK
K_W10	podstawowe uwarunkowania prawne i etyczne związane z działalnością naukową i dydaktyczną.	P6S_WK
K_W11	podstawowe pojęcia i zasady z zakresu ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego.	P6S_WK
K_W12	podstawowe aspekty struktury badań we współczesnych naukach ścisłych i przyrodniczych.	P6S_WG
K_W13	podstawy współczesnych technologiach informacyjnych i komunikacyjnych.	P6S_WK
K_W14	podstawy typowych technologii inżynierskich z zakresu nanotechnologii oraz nanoinżynierii, a także podstawowe aspekty cyklu życia urządzeń, obiektów i systemów technicznych związanych z nanotechnologią i nanoinżynierią.	P6S_WG
K_W15	podstawy społecznych, ekonomicznych, prawnych i innych pozatechnicznych uwarunkowań działalności inżynierskiej.	P6S_WK
K_W16	podstawy zarządzania, w tym zarządzania jakością, i prowadzenia działalności gospodarczej.	P6S_WK
Umiejętności: absolwent potrafi		
K_U01	analizować problemy w fizyce i chemii oraz znajdować ich rozwiązania w oparciu o poznane twierdzenia i metody.	P6S_UW
K_U02	planować i wykonywać analizy ilościowe w fizyce i chemii oraz formułować na tej podstawie wnioski jakościowe.	P6S_UW
K_U03	planować i wykonywać proste badania doświadczalne lub obserwacje w fizyce i chemii oraz analizować ich wyniki.	P6S_UW
K_U04	stosować metody numeryczne do rozwiązywania problemów fizycznych przy użyciu wybranych języków programowania i pakietów oprogramowania.	P6S_UW
K_U05	przedstawić w zrozumiały sposób określony problem z zakresu fizyki, chemii, nanotechnologii i nanoinżynierii wraz ze sposobami jego rozwiązania.	P6S_UK
K_U06	komunikować się skutecznie ze specjalistami i nie specjalistami w zakresie fizyki, chemii, nanotechnologii i nanoinżynierii.	P6S_UK
K_U07	uczyć się samodzielnie.	P6S_UU
K_U08	realizować działania zespołowe, przyjmując różne role, w tym lidera zespołu.	P6S_UO
K_U09	przygotować typową pracę pisemną w formie prostej rozprawy naukowej z zakresu fizyki, chemii, nanotechnologii i nanoinżynierii, w języku polskim i angielskim, z zastosowaniem prostych narzędzi komputerowych.	P6S_UK
K_U10	przygotować wystąpienie ustne z zakresu fizyki, chemii, nanotechnologii i nanoinżynierii, w języku polskim i angielskim, z zastosowaniem prostych narzędzi komputerowych.	P6S_UK
K_U11	komunikować się w mowie i piśmie na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego, ze szczególnym uwzględnieniem terminologii fizycznej, chemicznej oraz stosowanej w nanoinżynierii.	P6S_UK

K_U12	korzystać ze współczesnych technologii cyfrowych do zdobywania informacji i komunikowania się.	P6S_UK
K_U13	dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację prostych zadań nanoinżynierskich o charakterze praktycznym, ocenić przydatność rutynowych metod i narzędzi służących do rozwiązania prostego praktycznego zadania inżynierskiego oraz zaprojektować oraz zrealizować proste urządzenie, obiekt, system lub proces, typowe dla nanoinżynierii, używając właściwych metod, technik i narzędzi.	P6S_UW
K_U14	dostrzegać – przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich – ich aspekty systemowe i pozatechniczne.	P6S_UW
Kompetencje społeczne: absolwent jest gotów do		
K_K01	uczenia się przez całe życie.	P6S_KK
K_K02	pracy w zespole, w tym do odpowiedniego określenia priorytetów służących realizacji określonego przez siebie lub innych zadania.	P6S_KO
K_K03	rozstrzygnięcia związanych z wykonywaniem zawodu dylematów natury merytorycznej, metodologicznej, organizacyjnej i etycznej.	P6S_KR
K_K04	przyjęcia odpowiedzialności związanej ze społecznymi aspektami stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności.	P6S_KR
K_K05	działania w sposób przedsiębiorczy.	P6S_KO
K_K06	przyjęcia odpowiedzialności za pozatechniczne aspekty i skutki działalności w zakresie nanoinżynierii, w tym jej wpływu na środowisko.	P6S_KR

OBJAŚNIENIA

Symbol efektu uczenia się dla programu studiów tworzą:

- litera K – dla wyróżnienia, że chodzi o efekty uczenia się dla programu studiów,
- znak _ (podkreślnik),
- jedna z liter W, U lub K – dla oznaczenia kategorii efektów (W – wiedza, U – umiejętności, K – kompetencje społeczne),
- numer efektu w obrębie danej kategorii, zapisany w postaci dwóch cyfr (numery 1-9 należy poprzedzić cyfrą 0).

Zajęcia lub grupy zajęć przypisane do danego etapu studiów

Rok studiów: pierwszy

Semestr: pierwszy

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin								Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbole efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt	Inne				
Matematyka I	60			90				30	180	14	K_W03, K_W04, K_U01	matematyka
lub												
Analiza I oraz Algebra z geometrią I	60			60				30	120	9		
	30			30					60	5		
Treści programowe	Wprowadzenie do podstaw matematyki. Liczby zespolone. Przestrzenie wektorowe. Funkcje elementarne. Granica i ciągłość funkcji jednej zmiennej. Różniczkowanie i całkowanie funkcji jednej zmiennej. Ciągi i szeregi.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	kolokwium śródsesemestralne, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Fizyka I	45			60				15	120	9	K_W01, K_U01, K_U05, K_K01	nauki fizyczne
Treści programowe	Wykład z pokazami. Opis ruchu w fizyce. Zasady dynamiki dla prostych i złożonych układów fizycznych. Wprowadzenie do szczególnej teorii względności.											

Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	kolokwium śródsesemestralne, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Chemia nieorganiczna z elementami syntezy nieorganicznej, wykład	30								30	2	K_W02, K_U01	nauki chemiczne
Treści programowe	Budowa i właściwości atomów, orbitale atomowe i konfiguracja elektronowa, prawo okresowości pierwiastków, najważniejsze właściwości fizyczne i chemiczne pierwiastków. Właściwości i opis wiązań chemicznych (kwalencyjnych, jonowych, metalicznych), teoria wiązań walencyjnych i orbitali molekularnych, budowa prostych cząsteczek, rodzaje oddziaływań międzycząsteczkowych, wiązania wodorowe. Struktura stałych substancji nieorganicznych, w tym budowa i właściwości metali i półprzewodników, elementy teorii pasmowej ciała stałego. Główne rodzaje reakcji chemicznych: kwasowo-zasadowe, wytrącania / rozpuszczania osadów, kompleksowania, utleniania / redukcji; teoria Brønsteda kwasów i zasad, mocne / słabe kwasy i zasady, bufony, wskaźniki pH, czynniki decydujące o rozpuszczalności osadów, właściwości i trwałość związków kompleksowych, elementy elektrochemii. Rola różnego rodzaju reakcji chemicznych w środowisku naturalnym. Ogólna charakterystyka najważniejszych związków nieorganicznych: tlenków, wodorotlenków, kwasów, wodoroków, wybranych soli oraz powiązanie ich właściwości z położeniem pierwiastka w układzie okresowym. Metody syntezy związków nieorganicznych. Podstawowe informacje o syntezie nanocząstek nieorganicznych.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	egzamin pisemny											
Chemia nieorganiczna z elementami syntezy nieorganicznej, laboratorium					60				60	4	K_W02, K_U02, K_U03	nauki chemiczne
Treści programowe	<p>Moduł 1: właściwości jonów nieorganicznych w roztworach wodnych. Ćwiczenia wstępne - dotyczące różnych typów reakcji i równowag jonowych (kwasowo / zasadowych, rozpuszczalności, kompleksowania, utleniania / redukcji). Reakcje i identyfikacja kationów metali bloku s. Reakcje i identyfikacja kationów metali bloku d i p. Reakcje i identyfikacja anionów. Reakcje i identyfikacja soli.</p> <p>Moduł 2: synteza nieorganiczna oraz niektóre typy reakcji nieorganicznych. Synteza preparatu. Związki kompleksowe (uzupełnienie): właściwości spektroskopowe kompleksów, miareczkowanie kompleksometryczne. Reakcje utleniania i redukcji, elementy elektrochemii. Synteza i właściwości nanocząstek nieorganicznych.</p>											

Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę												
Technologie informacyjne i komunikacyjne z elementami programowania				45						45	3	K_W06, K_W13, K_U04, K_U12	nauki fizyczne nauki chemiczne
Treści programowe	Omówienie technologii komunikacyjnych i informacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem ich stosowania w badaniach naukowych w dyscyplinach nauki chemiczne i nauki fizyczne. Wprowadzenie do systemu operacyjnego. Elementy programowania użyteczne w zastosowaniach fizycznych i chemicznych.												
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę												
Szkolenie w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy	4									4	0,5	K_W09, K_U03, K_K03	
Treści programowe	Bezpieczeństwo i Higiena Pracy.												
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie												
Podstawy ochrony własności intelektualnej	4									4	0,5	K_W10, K_U09, K_U10, K_K03, K_K04	
Treści programowe	Tematyka zajęć skoncentrowana jest wokół zagadnień związanych z prawem autorskim oraz ochroną własności przemysłowej.												

Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie
--	------------

Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 33

Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 443

Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2958

Rok studiów: pierwszy
Semestr: drugi

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin								Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbole efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt	Inne				
Matematyka II	60			90				30	180	14	K_W03, K_W04, K_U01	matematyka
lub												
Analiza II oraz Algebra z geometrią II	60			60				wykł ado we	120	9		
	30			30					60	5		
Treści programowe	Metody matematyczne powszechnie stosowane w fizyce i chemii. Analiza wektorowa. Funkcje jednej i wielu zmiennych rzeczywistych. Funkcje zespolone. Elementy analizy Fouriera.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	kolokwium śródsesemestralne, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Fizyka II	45			60				15	120	9	K_W01, K_U01, K_U02	nauki fizyczne
								ćw. wykł ado we				
Treści programowe	Oddziaływania elektryczne i magnetyczne w próżni i w materii. Prądy, pola i fale elektromagnetyczne.											

Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	kolokwium śródsesemestralne, egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Chemia organiczna z elementami biochemii	30							15 ćw. wykł ado we	45	3	K_W02, K_U02, K_U05	nauki chemiczne
Treści programowe	Alkany; substytucja wolnorodnikowa; stereochemia i stereoizomery; alkeny - struktura, otrzymywanie i reaktywność; aromatyczność; podstawienie elektrofilowe; chlorki alkilowe; podstawienie nukleofilowe; alkohole - otrzymanie i reakcje; eter; kwasy karboksylowe; aldehydy i ketony; aminy - otrzymywanie i właściwości fizyczne; związki heterocykliczne.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	egzamin pisemny											

Chemia fizyczna, wykład	30								30	2	K_W01, K_W02, K_W08, K_U05	nauki chemiczne
Treści programowe	<p>Termodynamika: Pojęcie układu i jego otoczenia. Stany skupienia materii. Gazy doskonałe i rzeczywiste, równanie stanu gazu doskonałego. Parametry stanu układu: temperatura, ciśnienie, objętość, liczność. Przypomnienie podstawowych pojęć mechaniki klasycznej: wektor wodzący, prędkość, przyspieszenie, pęd, praca, energia kinetyczna, zasady dynamiki Newtona, zasada zachowania energii i pędu, zderzenia sprężyste. Energia wewnętrzna, entropia, ciepło, praca. Zasady termodynamiki (zerowa, pierwsza, druga, trzecia). Pojęcie różniczki zupełnej. Transformacja Legendre'a funkcji jednej i wielu zmiennych. Funkcje termodynamiczne: entalpia, energia swobodna, entalpia swobodna. Ciepło procesu w stałej objętości i pod stałym ciśnieniem. Pojemność cieplna w stałej objętości i pod stałym ciśnieniem. Produkcja entropii i kryteria samorzutności w warunkach układu izolowanego, stałej objętości i stałego ciśnienia. Obliczanie zmian funkcji termodynamicznych, w tym dla gazu doskonałego. Potencjał chemiczny, jednorodność funkcji termodynamicznych (twierdzenie Eulera), warunek równowagi termodynamicznej (prawo działania mas).</p> <p>Kinetyka chemiczna: Szybkość reakcji chemicznej, równanie kinetyczne: stała szybkości reakcji, rząd reakcji, cząsteczkowość reakcji. Równania kinetyczne reakcji I i II rzędu (odpowiednie wykresy – wyznaczenie stałej szybkości reakcji). Reakcje złożone (równoległe, następcze, równowagowe, następcze z równowagą wstępną). Przybliżenie stanu stacjonarnego. Wyznaczanie rzędu reakcji. Stała szybkości reakcji, wpływ T (równanie Arrheniusa). Teoria zderzeń aktywnych, teoria kompleksu aktywnego. Kataliza enzymatyczna.</p>											

	<p>Elektrochemia: Roztwory idealne i rzeczywiste, aktywność jonów i aktywność elektrolitu. Założenia teorii Debye`a-Hückela. Prawo Ohma. Przewodnictwo właściwe i molowe roztworów elektrolitów. Pojęcie ruchliwości jonów. Zależność przewodnictwa właściwego mocnych elektrolitów od stężenia elektrolitu, ładunku, ruchliwości jonów oraz od parametrów fizykochemicznych rozpuszczalnika. Efekt relaksacyjny i elektroforetyczny. Solwatacja (teoria Borna).</p> <p>Równanie Nernsta, potencjał standardowy. Elektrody I i II rodzaju, elektrody gazowe: schematy, reakcje - zapis reakcji elektrodowych zgodnie z konwencją. Standardowa elektroda wodorowa. Ogniwa – schemat ogniwa i zasady zapisu. Podział i przykłady ogniw: ogniwa galwaniczne. Siła elektromotoryczna ogniwa galwanicznego. Związek SEM z funkcjami termodynamicznymi reakcji zachodzącej w ogniwie. Zastosowanie pomiarów SEM do wyznaczania parametrów termodynamicznych reakcji. Procesy elektrodowe kontrolowane kinetycznie i dyfuzyjnie (równanie Butlera-Volmera, równanie Tafela).</p>
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	egzamin pisemny

Chemia fizyczna, ćwiczenia				30					30	2	K_W01, K_W02, K_W08, K_U01, K_U05	nauki chemiczne
----------------------------	--	--	--	----	--	--	--	--	----	---	-----------------------------------	-----------------

Treści programowe	Wyznaczanie wartości funkcji termodynamicznych oraz ich zmian związanych ze zmianami parametrów fizycznych układu lub zachodzenia w nim przemian fizycznych lub reakcji chemicznych. Równowagi chemiczne w układach wieloskładnikowych. Analiza rachunkowa procesów zachodzących na granicach faz. Obliczanie kinetycznych parametrów reakcji chemicznych. Obliczanie wielkości opisujących właściwości elektrochemiczne roztworów elektrolitów i układów elektrodowych (aktywność jonów, przewodnictwo, potencjał elektrod w stanie równowagi, siła elektromotoryczna ogniwa, wykorzystanie danych z pomiarów elektrochemicznych do określenia parametrów układu w stanie równowagi). Analiza rachunkowa kinetyki procesów elektrodowych przebiegających w różnych warunkach fizykochemicznych.
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę

Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 30

Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 405

Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2958

Rok studiów: drugi
Semestr: trzeci

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin								Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbole efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt	Inne				
Fizyka III	45			45					90	7	K_W01, K_U01, K_U02	nauki fizyczne
Treści programowe	Drgania prostych układów fizycznych oraz podstawowe własności fal rozchodzących się w ośrodkach sprężystych i fal elektromagnetycznych.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie na ocenę											
Analiza niepewności pomiarowych	20								20	2	K_W01, K_W02, K_W08, K_U02, K_U05	
Treści programowe	Pojęcie niepewności pomiaru w praktyce laboratoryjnej. Planowanie podstawowych doświadczeń z różnych działów fizyki.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	egzamin pisemny											

Pracownia fizyczna dla nanoinżynierii				45				45	4	K_W05, K_W06, K_U02, K_U03, K_U04, K_U08, K_K02	nauki fizyczne
Treści programowe	Podstawowe typy doświadczeń w zakresie mechaniki, fal elektromagnetycznych i fizyki współczesnej. Ćwiczenia do wyboru.										
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę na podstawie raportów z ćwiczeń										
Chemia fizyczna, laboratorium				60				60	4,5	K_W02, K_W07, K_W09, K_U03	nauki chemiczne
Treści programowe	Przygotowanie do praktycznego posługiwania się aparaturą do badań fizykochemicznych, planowanie i wykonanie eksperymentów oraz opracowanie i przedstawienie wyników doświadczalnych. Ćwiczenia do wyboru z następującego zakresu. Równowaga ciecz-para w układzie jednoskładnikowym. Wyznaczanie objętości molowej roztworu. Badanie równowagi między fazą stałą i ciekłą. Pomiary kalorymetryczne efektów cieplnych w roztworach. Wyznaczanie ciepła i temperatury przemiany fazowej przy pomocy różnicowego kalorymetru dynamicznego (DSC). Wyznaczanie momentów dipolowych. Pomiar lepkości kinematycznej cieczy. Pomiary nefelometryczne koloidów. Wpływ stężenia katalizatora na stałą szybkości reakcji. Wpływ siły jonowej roztworu na stałą szybkości reakcji. Wyznaczanie termodynamicznych parametrów reakcji chemicznych. Wyznaczanie współczynników aktywności elektrolitów. Pomiar przewodnictwa roztworów elektrolitów. Kinetyka reakcji zegarowej Landolta. Pomiar napięcia powierzchniowego.										
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę										
Chemia organiczna z elementami biochemii, laboratorium				90				90	7	K_W02, K_W07, K_U03	nauki chemiczne
Treści programowe	Podstawowe techniki laboratoryjne (krystalizacja, ekstrakcja, destylacja, destylacja pod zmniejszonym ciśnieniem, chromatografia) oraz podstawowa aparatura stosowana w laboratorium chemii organicznej. Utrwalenie wiedzy z chemii organicznej, rozwój nawyku pracy zgodnej z zasadami BHP, rozwój prawidłowego planowania pracy, obserwowania przebiegu eksperymentu i prowadzenia bieżących notatek w dzienniku laboratoryjnym.										

Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę											
Przedmiot do wyboru: Metody numeryczne lub Metody numeryczne w optyce	15			45					60	4	K_W02, K_W07, K_U03	nauki fizyczne
	15			45				60	4			
Treści programowe	Sposoby konstruowania algorytmów dla zastosowań w naukach fizycznych, metody ich testowania, ich wady i zalety oraz ograniczenia.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę											
Przedmioty ogólnouniwersyteckie*									25	2,5		
Treści programowe	Rozwój wiedzy i umiejętności niezwiązanych z dyscyplinami kierunku studiów											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Określone w sylabusie przedmiotu											

*W ramach przedmiotów ogólnouniwersyteckich można uzyskać 5 ECTS z przedmiotów z obszaru nauk humanistycznych lub społecznych, wymagane w czasie całych studiów.

Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 31

Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 390

Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2958

Rok studiów: drugi
Semestr: czwarty

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin								Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbole efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt	Inne				
Mechanika kwantowa	30			45					75	5	K_W01, K_U01, K_U02	nauki fizyczne
Treści programowe	Podstawy empiryczne i matematyczne mechaniki kwantowej. Równanie Schroedingera i jego zastosowanie do opisu cząstek. Elementy teorii układów wielu cząstek kwantowych.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Techniki pomiarowe w nanotechnologii	30								30	2	K_W01, K_W08, K_U03	nauki fizyczne
Treści programowe	Wprowadzenie do metod badawczych stosowanych w nanotechnologii.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie na ocenę											

Krystalografia z elementami teorii grup	20			30				50	4	K_W01, K_W02, K_W08, K_U01, K_U02	nauki chemiczne
Treści programowe	Definicja kryształu; omówienie podstawowych pojęć takich jak projekcje sferyczne, projekcje dwuwymiarowe, cyklograficzne i stereograficzne, symetria punktowa, grupy punktowe, ilustracja symetrii punktowej za pomocą projekcji, reguły współistnienia elementów symetrii, symetria translacyjna, układy krystalograficzne, sieć przestrzenna, komórka elementarna, wskaźniki Millera, proste obliczenia krystalograficzne, sieci Bravais, grupy przestrzenne, interpretacja grup przestrzennych w Międzynarodowych Tablicach Krystalograficznych, sieć odwrotna, symetria sieci odwrotnych, podstawowe cechy promieniowania rentgenowskiego, podstawy dyfrakcji promieni rentgenowskich, teorie dyfrakcji oraz ogólny tok rentgenowskiej analizy strukturalnej, strukturalne bazy danych krystalograficznych, interpretacja informacji dyfrakcyjnej.										
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny										
Pracownia elektroniczna dla nanoinżynierii	6			39				45	3	K_W05, K_W06, K_U02, K_U03, K_U04, K_U08, K_U12, K_K02	nauki fizyczne
Treści programowe	Obwody elektryczne. Elementy elektroniki analogowej i cyfrowej.										
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę										
Analiza instrumentalna	15			30				45	3	K_W01, K_W02, K_W06, K_W07, K_U02, K_U03	nauki chemiczne
Treści programowe	Analiza chemiczna: analiza ilościowa i jakościowa. Klasyczne i instrumentalne metody analizy. Analit, matryca, interferent. Sygnał analityczny. Analiza głównych składników, analiza śladowa. Specjacja. Metody absolutne i porównawcze. Granica wykrywalności i granica oznaczalności. Czulość metody analitycznej. Wzorce i materiały z certyfikowaną zawartością analitów. Pobieranie i przygotowanie próbek do analizy. Błędy w oznaczeniach analitycznych. Kryteria wyboru metody analizy instrumentalnej. Metody spektroskopowe: spektroskopia UV-Vis, spektrometria atomowa absorpcyjna i emisyjna, analiza fluorescencyjna, spektrometria mas. Metody elektroanalityczne: potencjometria, techniki prądowe: chronoamperometria, kulometria, konduktometria,										

	woltamperometria, załączenie elektrochemiczne. Metody chromatograficzne i elektromigracyjne. Metody złożone. Miniaturowe układy do analizy instrumentalnej.										
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny										
Technologie i projektowanie nowych materiałów, wykład	30							30	2	K_W01, K_W02, K_W08, K_W12, K_U01	nauki fizyczne
Treści programowe	Chemia supramolekularna, szkło i materiały ceramiczne, materiały metaliczne. Technologia organiczna - podstawowe zagadnienia dotyczące technologii polimerów. Zagadnienia dotyczące fizyki i chemii nowych materiałów: struktury nano-węglowe (fullereny, nanorurki, grafeny); kropki kwantowe oraz cienkie warstwy nieorganiczne (tlenkowe, półprzewodnikowe, metaliczne, ceramiczne); ustrukturuwane eutektyki nieorganiczne; materiały dla elektroniki molekularnej (nanodruty, nanorurki); układy molekularne naśladowujące układy biologiczne (helisy, sensory, motory, rotory, przełączniki etc); nano-magnetyki (magnetyczne nanocząstki, magnesy molekularne, magnesy kolumnowe); materiały dla fotoniki (organic light emitting diode- OLED, organic field-effect transistor - OFET, materiały dla optyki nieliniowej, kryształy fotoniczne); metamateriały (materiały o ujemnym współczynniku załamania, gigantycznej stałej dielektrycznej, materiały o nietypowych właściwościach elektromagnetycznych); materiały hybrydowe tj. materiały łączące kilka funkcji a zatem umożliwiające przestrajanie parametrów materiałowych (np. multiferromateriały, przestrajalne kryształy fotoniczne etc), przezroczysta ceramika; nanociecze, ciekłe kryształy, ciecze i ciekłe kryształy jonowe.										
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę										
Technologie i projektowanie nowych materiałów, laboratorium				60				60	5	K_W01, K_W02, K_W06, K_W07, K_W08, K_U03, K_K03, K_K04	nauki fizyczne
Treści programowe	Wprowadzenie do nowoczesnych technologii nanomateriałów dzięki realizacji wybranych przez studentów ćwiczeń laboratoryjnych w grupach badawczych.										
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę										

Elementy prawa	30								30	2.5	K_W15, K_W16, K_U14, K_K01, K_K03, K_K04, K_K06	
Treści programowe	Elementy prawa, odpowiedzialność cywilna, umowy i zobowiązania, postępowanie administracyjne,											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie na ocenę											
Wychowanie fizyczne									30	30		
Treści programowe	Rozwój kultury fizycznej studenta.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie											
Przedmioty ogólnouniwersyteckie *									30	3		
Treści programowe	Rozwój wiedzy i umiejętności niezwiązanych z dyscyplinami kierunku studiów											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Określone w sylabusie przedmiotu											

Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 29,5

Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 425

Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2958

Rok studiów: trzeci
Semestr: piąty

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin								Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbole efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt	Inne				
Elementy termodynamiki i mechaniki statystycznej	30			30					60	5	K_W01, K_W02, K_U01, K_U02	nauki fizyczne
lub Termodynamika	30			30					60	5		
Treści programowe	Elementy termodynamiki. Ciepło, praca, energia wewnętrzna, równowaga termiczna, ciepło właściwe, pierwsza zasada termodynamiki a przemiany gazowe. Procesy odwracalne i nieodwracalne, cykle termodynamiczne, maszyny cieplne, entropia. W wariacie podstawowym wykład z pokazami. W wariacie rozszerzonym również wprowadzenie do mechaniki statystycznej ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki molekularnej.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Chemia kwantowa	30							15 proseminarium	45	4	K_W01, K_W02, K_U01, K_U02	nauki chemiczne

Treści programowe	Spin. Kwantowanie ładunku elektrycznego. Moment magnetyczny. Antycząstki. Układ jednostek atomowych. Funkcja falowa i operatory dla układu wielu cząstek. Układy cząstek. Przybliżone metody znajdowania rozwiązań równania Schroedingera. Statystyki kwantowe. Struktura elektronowa atomów i układ okresowy Mendelejewa pierwiastków chemicznych. Oddziaływania magnetyczne w atomie. Struktura elektronowa molekuł dwuatomowych. Orbitale i spinorbitale molekularne. Molekuły wieloatomowe. Oddziaływanie molekuł z promieniowaniem elektromagnetycznym. Nietrwałość stanów wzbudzonych. Kwanty pola elektromagnetycznego.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Wstęp do optyki i fizyki materii skondensowanej	30			30					60	6	K_W01, K_W08, K_U01, K_U02, K_U05	nauki fizyczne
Treści programowe	Podstawy współczesnego opisu budowy atomów, cząsteczek i kryształów, a także ich oddziaływania z promieniowaniem elektromagnetycznym.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Fotonika lub inne przedmioty zawierające odpowiednie treści programowe	30			45					75	6	K_W01, K_W05, K_W08, K_U01, K_U02, K_U04	nauki fizyczne
	30			45					75	6		
Treści programowe	Podstawy optyki – przypomnienie. Układy liniowe i warstwowe. Kryształy fotoniczne. Podstawy plazmoniki i holografii. Czujniki plazmoniczne. Elementy optyki nieliniowej i falowodowej.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											

Pracownia technik pomiarowych w nanotechnologii					60				60	6	K_W01, K_W06, K_W07, K_W08, K_W09, K_W14, K_U03, K_U05, K_U09, K_U13	nauki fizyczne nauki chemiczne
Treści programowe	Cykl ćwiczeń obejmujących następujące zagadnienia. Efekt Halla. Nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe. Fotoprąd Fotoluminescencja. Mikroskopia sił atomowych. Optyka światłowodowa. Laser półprzewodnikowy. Mikroskopia elektronowa. Nanomateriały w zastosowaniach fotokatalitycznych. Krystalografia. Funkcjonalizowane nanomateriały węglowe.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	zaliczenie na ocenę											
Grafika inżynierska	20				20				40	3	K_W15, K_U14, K_K06	
Treści programowe	Projektowanie CAD.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie na ocenę											
Wychowanie fizyczne								30	30			
Treści programowe	Rozwój kultury fizycznej studenta.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie											

Przedmioty do wyboru									20	2	K_W12, K_U01, K_K01	
Treści programowe												
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się												

Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 32

Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 390

Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2958

Rok studiów: trzeci
Semestr: szósty

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin								Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbole efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt	Inne				
Podstawy spektroskopii molekularnej	30								30	3		nauki fizyczne nauki chemiczne
Treści programowe												
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się												
Spektroskopia, laboratorium					20				20	2	K_W01, K_W02, K_W06, K_W07, K_U03	nauki fizyczne nauki chemiczne
Treści programowe	Nauka stosowania wybranych technik spektroskopii wykorzystywanych w laboratoriach naukowych.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie na ocenę											

Modelowanie nanostruktur	30			45					75	5	K_W05, K_W08, K_U02, K_U05	nauki fizyczne
Treści programowe	Wprowadzenie do opisu teoretycznego i numerycznego nanostruktur											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Grafika inżynierska	20				20				40	3	K_W15, K_U14, K_K06	
Treści programowe	Projektowanie CAD.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie na ocenę											
Zarządzanie projektami	30			30					60	4	K_W05, K_K01, K_U08, K_U14, K_K05, K_K06	
Treści programowe	organizacja projektu, zarządzanie i praca z zespołem, oszacowania kosztów, optymalizacja procesu, ocena ryzyka, poszukiwanie informacji (w publikacjach, patentach, bazach danych, raportach rządowych itp.)											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, opcjonalny egzamin ustny											
Programowanie II lub inne przedmioty zawierające	15				45				60	4	K_W01, K_W05, K_W08, K_U01, K_U02, K_U04	-

odpowiednie treści programowe												
Treści programowe	Rozwiązywanie zagadnień algorytmicznych z wykorzystaniem programowania w języku wysokiego poziomu. Wybrane metody numeryczne. Wprowadzenie do programowania obiektowego.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie na ocenę											
Przedmioty do wyboru								50	3,5	K_W12, K_U01, K_K01	nauki fizyczne nauki chemiczne	
Treści programowe	Rozszerzenie podstawowych wiadomości dotyczących wybranych działów fizyki, chemii, nanotechnologii lub nanoinżynierii											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, egzamin ustny lub zaliczenie na ocenę											
Wychowanie fizyczne								30	30			
Treści programowe	Rozwój kultury fizycznej studenta.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie											
Przedmioty ogólnouniwersyteckie *								30	3			

Treści programowe	Rozwój wiedzy i umiejętności niezwiązanych z dyscyplinami kierunku studiów											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Określone w sylabusie przedmiotu											
Wariant A1 i B1 Zespołowy projekt studencki 1**							60		60	4	K_W10, K_W11, K_W14, K_U05, K_U06, K_U07, K_U08, K_U09, K_U13, K_K02, K_K05, K_K06	nauki fizyczne nauki chemiczne
Treści programowe	Studenci pracują pod opieką osoby zaangażowanej w badania naukowe nad projektem, którego tematyka jest ustalana wspólnie z opiekunem projektu.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Projekt											
Egzamin certyfikacyjny z języka obcego na poziomie B2 lub wyższym										2	K_U11	
Treści programowe	Potwierdzenie umiejętności językowych na odpowiednim poziomie.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny lub ustny											

*W ramach przedmiotów ogólnouniwersyteckich można uzyskać 5 ECTS z przedmiotów z obszaru nauk humanistycznych lub społecznych, wymagane w czasie całych studiów.

**Wymagana jest realizacja co najmniej jednego zespołowego projektu studenckiego w czasie całych studiów. Możliwe jest zrealizowanie przedmiotów „Zespołowy projekt studencki 1” i „Własność intelektualna i przedsiębiorczość z projektem zespołowym”.

Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 33,5

Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 455

Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2958

Rok studiów: czwarty
Semestr: siódmy

Nazwa przedmiotu	Forma zajęć – liczba godzin								Razem: liczba godzin zajęć	Razem: punkty ECTS	Symbole efektów uczenia się dla programu studiów	Dyscyplina / dyscypliny, do których odnosi się przedmiot
	Wykład	Konwersatorium	Seminarium	Ćwiczenia	Laboratorium	Warsztaty	Projekt	Inne				
Pracownia i praca inżynierska, Nanoinżynieria								150	150	9	K_W08, K_W09, K_W10, K_W11, K_W14, K_U01, K_U02, K_U03, K_U05, K_U07, K_U09, K_U13, K_K01	nauki fizyczne nauki chemiczne
Treści programowe	Indywidualna praca nad tematem związanym ze współczesnymi badaniami w fizyce lub chemii ze szczególnym uwzględnieniem nanotechnologii i nanoinżynierii.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie – praca inżynierska											
Seminarium inżynierskie			30						30	2	K_W08, K_W10, K_W11, K_U06, K_U07, K_U10, K_K01, K_K04	nauki fizyczne nauki chemiczne
Treści programowe	Prezentacja problemu naukowego w formie referatu											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Zaliczenie na ocenę											

Zarządzanie projektami lub: Własność intelektualna i przedsiębiorczość z projektem zespołowym								60	60	4	K_W15, K_W16, K_U13, K_U14, K_K06, K_K01, K_K05, K_K06	
	30							60	90	5		
Treści programowe	Rozwijanie umiejętności komunikacji, negocjacji i pracy w grupie o zróżnicowanych cechach wiedzy i osobowości, myślenia kreatywnego poprzez zastosowanie technik myślenia projektowego „design thinking”, wyszukiwania potencjalnego klienta dla opracowywanej innowacji i szybkiego sprawdzenia prototypu na grupie docelowej, określanie i oceny rynku docelowego dla innowacji, opanowanie wiedzy w zakresie przygotowania prezentacji biznesowej. Ustawa o prawie autorskim, zasady skutecznej prezentacji, myślenia prototypowego, wyceny rynku. Definicja przedsiębiorcy i przedsiębiorstwa, przedsiębiorstw spin-off spin-out. Analiza działalności innowacyjnej i przewagi konkurencyjnej. Uczelnia jako pomoc dla startującej firmy, profesjonalne inkubatory, inkubatory akademickie i technologiczne, parki, sieci transferu technologii.											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny lub projekt											
Przedmioty do wyboru									60	6	K_W12, K_U01, K_K01	nauki fizyczne nauki chemiczne
Treści programowe	Rozszerzenie podstawowych wiadomości dotyczących wybranych działów fizyki, chemii, nanotechnologii lub nanoinżynierii											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Egzamin pisemny, egzamin ustny lub zaliczenie na ocenę											
Przedmioty ogólnouniwersyteckie *									30	3		
Treści programowe	Rozwój wiedzy i umiejętności niezwiązanych z dyscyplinami kierunku studiów											

Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Określone w sylabusie przedmiotu											
Praktyki zawodowe								120	120	4	K_U11, K_K01, K_K02, K_K03, K_K04, K_K05	
Treści programowe	<p>Celem praktyk zawodowych jest zapoznanie studentów z otoczeniem społeczno-gospodarczym właściwym dla kierunku studiów. Praktyki mogą być realizowane w instytucjach badawczych, przedsiębiorstwach i organizacjach, które prowadzą badania naukowe z zakresu nauk fizycznych lub nauk chemicznych, lub wdrażają lub wykorzystują efekty badań naukowych w ww. dziedzinach. Opiekun praktyk zawodowych lub prodziekan ds. studenckich kieruje studenta na praktyki na jego wniosek. Student może wnioskować do prodziekana ds. studenckich o możliwość realizowania praktyki w formie pracy zawodowej lub działalności gospodarczej, której charakter odpowiada celom i efektom uczenia się zdefiniowanym dla praktyk zawodowych, przedstawiając dokumenty określające zakres działań studenta w pracy zawodowej lub działalności gospodarczej i uzasadniające, że spełnione są opisane wyżej warunki merytoryczne. Praktyki zawodowe mogą być realizowane w miejscach wskazanych przez studentów. Decyzję w tej sprawie podejmuje opiekun praktyk zawodowych lub prodziekan ds. studenckich, biorąc pod uwagę opisane wyżej warunki merytoryczne. Przebieg praktyk zawodowych jest szczegółowo określony porozumieniem z organizatorem praktyk zawodowych, przy czym zakres obowiązków studenta skierowanego na praktyki zawodowe musi obejmować czynności związane z prowadzeniem, wdrażaniem lub wykorzystywaniem badań naukowych.</p>											
Sposoby weryfikacji efektów uczenia się	Praktyki zaliczane są na podstawie pisemnego sprawozdania merytorycznego, w którym student przedstawia zakres zadań wykonywanych na praktykach. Sprawozdanie jest potwierdzone przez przedstawiciela organizatora praktyk. Sprawozdanie jest zaopiniowane przez opiekuna praktyk zawodowych lub asystenta opiekuna praktyk zawodowych, którzy proponują ocenę z praktyk.											

*W ramach przedmiotów ogólnouniwersyteckich można uzyskać 5 ECTS z przedmiotów z obszaru nauk humanistycznych lub społecznych, wymagane w czasie całych studiów.

Łączna liczba punktów ECTS (w semestrze): 28

Łączna liczba godzin zajęć (w semestrze): 450

Łączna liczba godzin zajęć określona w programie studiów dla danego kierunku, poziomu i profilu (dla całego cyklu): 2958

Procentowy udział liczby punktów ECTS w łącznej liczbie punktów ECTS dla każdej z dyscyplin, do których przyporządkowano kierunek studiów.

Dziedzina nauki	Dyscyplina naukowa	Procentowy udział liczby punktów ECTS w łącznej liczbie punktów ECTS dla każdej z dyscyplin
nauki ścisłe i przyrodnicze	nauki fizyczne	49%

nauki ścisłe i przyrodnicze	nauki chemiczne	33%
-----------------------------	-----------------	-----

”