



Politechnika Łódzka

# Program studiów

<b>Wydział:</b>	Wydział Chemiczny
<b>Kierunek:</b>	Chemia
<b>Poziom kształcenia:</b>	studia drugiego stopnia (magister)
<b>Forma kształcenia:</b>	studia stacjonarne
<b>Rok akademicki:</b>	2026/27

# Spis treści

Informacje podstawowe	3
Efekty uczenia się (w odniesieniu do PRK)	4
Matryca modułów zajęć w odniesieniu do efektów uczenia się i treści programowych	6
ECTS - przedmioty	14
Wskaźniki ECTS	17
Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się	18
Praktyki zawodowe	19
Specjalności/ścieżki dyplomowania oferowane w ramach programu studiów	20
Charakterystyka kierunku	21
Plan studiów	24

## Informacje podstawowe

Nazwa kierunku studiów:	Chemia
Poziom studiów:	studia drugiego stopnia (magister)
Profil studiów:	ogólnoakademicki
Forma studiów:	studia stacjonarne
Czas trwania studiów (liczba semestrów):	3
Liczba ECTS konieczna do ukończenia studiów:	90
Łączna liczba godzin zajęć:	1125
Liczba punktów ECTS jaką student uzyskuje w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia:	45
Tytuł zawodowy nadawany absolwentom:	magister
Kod ISCED:	0531
Język studiów:	polski

### Przyporządkowanie kierunku do dyscyplin, do których odnoszą się efekty uczenia się

Dyscyplina	Udział procentowy
Nauki chemiczne	100%

## Efekty uczenia się (w odniesieniu do PRK)

Lp.	Kod efektu uczenia się	Treść efektu uczenia się	Odniesienie do uniwersalnych charakterystyk pierwszego stopnia PRK	Odniesienie do charakterystyk drugiego stopnia PRK z uwzględnieniem charakterystyk drugiego stopnia umożliwiających uzyskanie kompetencji inżynierskich
1	<b>2CHM1</b>	Zna i rozumie w stopniu pogłębionym złożone zagadnienia teoretyczne w oparciu o zaawansowaną wiedzę z zakresu chemii, także w sytuacjach niestandardowych, z uwzględnieniem aktualnych trendów rozwojowych w obszarze nauk chemicznych.	P7U_W	P7S_WG
2	<b>2CHM2</b>	Zna i rozumie zaawansowane techniki i metody eksperymentalne i symulacyjne stosowane w obszarze chemii oraz dyskutuje ich teoretyczne podstawy.	P7U_W	P7S_WG
3	<b>2CHM3</b>	Zna i rozumie zasady bezpiecznej pracy i obsługi aparatury chemicznej w stopniu pozwalającym na samodzielną pracę na stanowisku pomiarowym.	P7U_W	P7S_WG
4	<b>2CHM4</b>	Dyskutuje w stopniu pogłębionym metody i modele matematyczne stosowane do opisu zjawisk i procesów chemicznych oraz fizycznych.	P7U_W	P7S_WG
5	<b>2CHM5</b>	Zna i rozumie pojęcia z zakresu ochrony własności intelektualnej, prawa autorskiego, ochrony środowiska oraz ogólne zasady tworzenia i działania przedsiębiorstw.	P7U_W	P7S_WK
6	<b>2CHM6</b>	Potrafi pracować w zespole, kierować jego pracą i podejmować zobowiązania; stosować podejście systemowe, uwzględniające aspekty pozatechniczne, w tym środowiskowe, ekonomiczne i prawne.	P7U_U	P7S_UO
7	<b>2CHM7</b>	Potrafi formułować i rozwiązywać złożone i nietypowe problemy, analizować, oceniać i interpretować wyniki doświadczalne przeprowadzonych badań oraz formułować wnioski, wskazać źródła błędów stosując zaawansowane metody analizy danych doświadczalnych oraz wykorzystując współczesne technologie cyfrowe.	P7U_U	P7S_UW
8	<b>2CHM8</b>	Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku obcym na poziomie B2+, ze zrozumieniem i wykorzystaniem naukowych oraz technicznych tekstów chemicznych w zakresie umożliwiającym zdobywanie wiedzy i rozwoju zawodowego.	P7U_U	P7S_UW, P7S_UK, P7S_UU
9	<b>2CHM9</b>	Potrafi przedstawić wyniki swojej pracy zarówno w formie pisemnej jak i ustnej spełniające określone wymagania, potrafi komunikować się z otoczeniem na tematy związane z chemią, integrować uzyskane informacje oraz dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski, formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie, brać udział w debatach.	P7U_U	P7S_UK

Lp.	Kod efektu uczenia się	Treść efektu uczenia się	Odniesienie do uniwersalnych charakterystyk pierwszego stopnia PRK	Odniesienie do charakterystyk drugiego stopnia PRK z uwzględnieniem charakterystyk drugiego stopnia umożliwiających uzyskanie kompetencji inżynierskich
10	2CHM10	Jest gotów do ciągłego doksztalcania się, krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści, podnoszenia kompetencji zawodowych i osobistych, rozwijania dorobku zawodowego, pełnienia ról zawodowych z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych i środowiskowych mając świadomość przestrzegania zasad etyki zawodowej.	P7U_K	P7S_KK, P7S_KO, P7S_KR

## Matryca modułów zajęć w odniesieniu do efektów uczenia się i treści programowych

Lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe	2CHM1	2CHM2	2CHM3	2CHM4	2CHM5	2CHM6	2CHM7	2CHM8	2CHM9	2CHM10
1	Nowoczesne metody diagnostyki i terapii	Nowoczesne metody diagnostyki i terapii z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego: zasady działania laserów, zastosowania kliniczne, interakcje wiązki z tkanką. Techniki optyczne: przegląd metod spektroskopowych stosowanych w medycynie. Immunologiczne metody diagnostyczne i terapeutyczne: przeciwciała, technologie monoklonalne, aktywacja limfocytów, rola cytokin, immunoterapia nowotworów. Promieniowanie jonizujące i izotopy: podstawy rozpadu, oddziaływanie z materią, techniki detekcji i analizy w medycynie i ochronie zdrowia.										
2	Biostereochemia	Budowa i stereochemia cząsteczek: hybrydyzacja, rezonans, czynniki przestrzenne, stereoizomeria, chiralność a aktywność biologiczna. Konformacja cząsteczek: wpływ efektów sterycznych i stereoelektronowych (rezonansowy, anomeryczny) na strukturę. Konformacja związków cyklicznych: mono-, bi- i policyklicznych (cukry, steroidy) oraz jej znaczenie biologiczne.										
3	Leki pochodzenia naturalnego i biofarmaceutyki. Farmakokinetyka i walidacja leków	Biofarmaceutyki – charakterystyka i rodzaje – peptydy, interferony, hormony, przeciwciała, szczepionki, cząsteczki kwasów nukleinowych. Metody otrzymywania i nowe generacje – inżynieria genetyczna, terapie genowe, RNAi, białka hybrydowe. Zastosowania i rynek – immunoterapeutyki, szczepionki DNA, globalny rynek biofarmaceutyków.										
4	Theoretical and Computational Chemistry	Metody obliczeniowe w chemii teoretycznej: ab initio, Hartree-Fock, DFT, techniki półempiryczne. Modelowanie oddziaływań atomowych i molekularnych, pola siłowe, układy złożone. Obliczenia kwantowe i analiza strukturalna: optymalizacja geometrii, orbitali, widma wibracyjne; praca z HyperChem, GaussView, Gaussian.										
5	Krystalografia	Krystalografia i jej zastosowania w fizyce, chemii i biologii molekularnej. Symetria i struktura kryształów: sieci przestrzenne, grupy punktowe i przestrzenne, metody krystalizacji. Dyfrakcja rentgenowska i obliczenia krystalograficzne: warunki Lauego, prawo Bragga, sieć odwrotna, konstrukcja Ewalda; programy KRYST2, DISCUS, SHELX, bazy CSD i PDB.										
6	Strategia i projektowanie syntez organicznych	Mechanizm, strategia i taktyka syntezy: analiza retrosyntetyczna, reguły dyskoneksji, wybór ścieżki, rodzaje syntez, grupy ochronne, ekonomia atomowa. Selektywność reakcji i metody tworzenia wiązań: klasyczne i nowoczesne techniki C-C i C-heteroatom, reakcje katalizowane palladem. Specjalne techniki syntezy: PTC, zielone katalizatory, metody mikrofalowe i ultradźwiękowe, biokataliza, reakcje w fazie stałej, flow chemistry.										
7	Metody otrzymywania i zastosowanie polimerów specjalistycznych i funkcjonalnych	Zaawansowane klasy materiałów polimerowych – unikalne właściwości i funkcjonalności. Projektowanie, synteza i zastosowania nowoczesnych polimerów – materiały inteligentne, elektronika, inżynieria biomedyczna. Innowacyjne technologie polimerowe – funkcjonalność i wydajność.										

Lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe	2CHM1	2CHM2	2CHM3	2CHM4	2CHM5	2CHM6	2CHM7	2CHM8	2CHM9	2CHM10
8	Chemia medyczna	Podstawy farmakologii – budowa komórki, cele działania leków (enzymy, kwasy nukleinowe, receptory), teoria receptorowa i przekaźnictwo sygnałów. Farmakodynamika i projektowanie leków – metabolizm, poszukiwanie struktury wiodącej, strategię projektowania. Klasy leków – antybakteryjne, cholinergiczne, antycholinergiczne, adrenergiczne, antyadrenergiczne, przeciwbólowe narkotyczne, przeciwwirusowe i przeciwnowotworowe.										
9	Biomateriały	Biomateriały: historia, zakres, przykłady, biokompatybilność, biofunkcjonalność, regulacje, rynek, etyka. Rodzaje i właściwości: metale, ceramika, szkła, polimery syntetyczne i naturalne; struktura, synteza, przetwarzanie, właściwości fizykochemiczne i powierzchniowe. Biomateriały funkcjonalne i zastosowania: polimery biodegradowalne, inżynieria tkankowa, systemy dostarczania leków, interakcje z białkami i tkankami, biofilmy, sterylizacja, radiacyjna inżynieria.										
10	Metody obliczeniowe w chemii leków	Wizualizacja 3D struktur chemicznych – metody renderingu, pakiety graficzne, poziomy teorii i ich zastosowanie. Modelowanie molekularne – mechanika molekularna, pola siłowe, analiza konformacyjna, dynamika, optymalizacja geometrii. Techniki obliczeniowe – modele rozpuszczalnika, obliczenia QM/MM dla enzymów, dokowanie.										
11	Techniki NMR w chemii leków	Podstawy NMR – zjawisko magnetycznego rezonansu jądrowego, przesunięcie chemiczne, sprzężenia, czasy relaksacji, efekt Overhausera, dynamiczny NMR. Widma i zastosowania – rodzaje widm dla cieczy i ciał stałych, spektroskopia $^1\text{H}$ , $^{13}\text{C}$ , $^{19}\text{F}$ , $^{31}\text{P}$ w chemii leków, analiza metabolitów, technika DOSY. Nowoczesne metody – zwiększanie czułości i precyzji, współczesne techniki NMR w badaniach struktury leków i interakcji lek-biocząsteczka.										
12	Analiza instrumentalna	Podstawy nowoczesnych metod analitycznych – techniki optyczne (UV-Vis), spektroskopia atomowa (AAS, emisyjna), metody elektroanalityczne, analiza termiczna. Praktyczne oznaczanie pierwiastków i związków organicznych – spektroskopia UV-Vis, HPLC, MS, techniki termiczne. Zastosowanie nowoczesnych metod analizy chemicznej.										
13	Spektroskopia	Podstawy teoretyczne i zastosowania metod spektroskopowych – reguły wyboru i interpretacja widm. Spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego – techniki jedno- i dwuwymiarowe. Spektroskopia wibracyjna (spektroskopia rezonansowego rozpraszania ramanowskiego, analiza chemometryczna, niehierarchiczna i hierarchiczna analiza skupień). Wybrane zagadnienia optyki nieliniowej.										
14	Elementy chemometrii	Podstawy statystyki matematycznej w chemometrii – korelacje, regresja (w tym nieliniowa), ocena jakości dopasowania. Analiza wielowymiarowych danych – PCA, klasyfikacja, analiza skupień. Praktyczne zastosowanie narzędzi analitycznych – arkusze kalkulacyjne i programy Excel, Origin, Statistica, Matlab.										
15	Startup w praktyce. Patenty, fundusze i prawo pracy	Przedsiębiorczość i prowadzenie działalności gospodarczej – formy, zasady, źródła finansowania, biznesplan, prawa i obowiązki przedsiębiorcy. Podstawy prawa pracy – źródła, umowy o pracę, stosunek pracy, rozwiązanie umowy, prawa i obowiązki stron, czas pracy, urlopy, wynagrodzenie, rozstrzygnięcie sporów, BHP. Nietypowe formy zatrudnienia i uprawnienia rodzicielskie – regulacje i praktyczne aspekty.			x		x	x				x

Lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe	2CHM1	2CHM2	2CHM3	2CHM4	2CHM5	2CHM6	2CHM7	2CHM8	2CHM9	2CHM10
16	Język obcy do celów specjalistycznych	Zakres gramatyczny i lingwistyczny adekwatny dla tekstu naukowego w ramach dyscypliny nauki chemiczne. Przygotowanie prezentacji. Studium przypadku - artykuł naukowy - analiza i opracowanie.										
17	Praca dyplomowa	Przygotowanie pracy dyplomowej magisterskiej zgodnie z przyjętymi wymaganiami. Kierowane przez promotora samodzielne pogłębianie wiedzy i umiejętności prowadzące do przygotowania przez studenta oryginalnego i spójnego tekstu spełniającego formalne i merytoryczne wymagania stawiane pracy dyplomowej realizowanej w Politechnice Łódzkiej.										
18	Pracownia dyplomowa	Seminarium dyplomowe oraz eksperymentalny lub obliczeniowy projekt naukowy.										
19	Nanochemia	Nanochemia: definicje, historia, wytwarzanie i klasyfikacja nanostruktur, ich charakteryzacja. Metody wytwarzania i właściwości nanomateriałów nieorganicznych; materiały magnetyczne, samoorganizujące się struktury molekularne, nanopolimery. Zastosowania nanomateriałów.										
20	Nowe strategie, koncepcje i technologie w chemii medycznej	Metody projektowania leków - klasyczne podejścia i wybrane nowoczesne strategie, przykłady nowych terapeutyków. Reguła Lipińskiego - współczesne spojrzenie, ograniczenia, leki niespełniające reguły. Nowoczesne terapie i techniki - immunoterapia, szczepionki, PROTAC, terapie spersonalizowane, metody identyfikacji celów (ABPP, AfBPP, proteomika).										
21	Nowoczesna technologia chemiczna	Nowoczesna technologia chemiczna: zielona chemia, ekonomia atomowa, redukcja odpadów, katalizatory dopasowane do procesów. Energia i paliwa: pozyskiwanie ze źródeł kopalnych i odnawialnych, nowoczesne rozwiązania w petrochemii, produkcja gazu syntezowego. Alternatywne źródła i technologie: biomasa, wodór z biomasy, ogniwa paliwowe, nowoczesne reaktory, mikroreaktory.										
22	Rekonfiguralne materiały samonaprawiające się	Samoorganizacja i chemia supramolekularna - definicje, identyfikacja molekularna, komplementarność i selektywność cząsteczek. Oddziaływania i związki - kowalencyjne, jonowe, wodorowe; etery koronowe, podandy, cryptandy, calixareny, cyklodekstryny, katenany, rotaksany. Struktury i urządzenia - samoorganizacja molekularna i hierarchiczna, monowarstwy, ciekłe kryształy (nematyki, cholesteryki, smektyki), maszyny molekularne.										
23	Modyfikacja chemiczna kompozytów polimerowych	Modyfikacja chemiczna kompozytów - zmiana właściwości materiałów kompozytowych poprzez różne techniki. Nomenklatura - związki chemiczne i polimery stosowane do modyfikacji kompozytów. Rodzaje modyfikacji - przegląd metod chemicznych stosowanych w kompozytach.										
24	Chemia zapachów w perfumiarstwie - od cząsteczki do aromatu	Podstawy tworzenia zapachów - chemia organiczna, biochemia i sztuka perfumiarstwa. Budowa i percepcja aromatów - cząsteczki zapachowe, mechanizmy odbioru, rola struktur w nutach głowy, serca i bazy. Składniki i procesy - naturalne i syntetyczne molekuly, ekstrakcja, synteza, kompozycja akordów, wpływ chemii na trwałość perfum.										

Lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe	2CHM1	2CHM2	2CHM3	2CHM4	2CHM5	2CHM6	2CHM7	2CHM8	2CHM9	2CHM10
25	Chemia – inżynieria przyszłości	Nowe osiągnięcia chemii – maszyny molekularne, projektowanie układów o zróżnicowanych właściwościach z jednego typu atomów. Hierarchiczność i nanomateriały – wykorzystanie struktur hierarchicznych do tworzenia cząstek o określonych cechach, zastosowania nanomateriałów. Wyzwania współczesnej chemii – rola w zrównoważonym rozwoju i technologii 5.0.										
26	Techniki prezentacji	Doskonalenie prezentacji wyników: wystąpienia ustne, plakaty, formy pisemne (artykuł, doktorat). Prezentacje ustne: rodzaje, cele, główna idea, wybór materiału, dostosowanie treści do odbiorców, elementy sztuki prezentacji (warsztaty). Prezentacje plakatowe: rola, zawartość, forma graficzna, sesje i przygotowanie. Publikacje: prace oryginalne, przeglądowe, komunikaty, doktoraty; reguły, konwencje, proces publikacji, porady i typowe błędy.										
27	Etyczne i społeczne aspekty stosowane w związkach biologicznie aktywnych	Etyczne, prawne i społeczne aspekty – badania i stosowanie związków biologicznie aktywnych, odpowiedzialność naukowców, zasady bioetyki. Regulacje i ocena ryzyka – przepisy prawne, krytyczna analiza zagrożeń, nadużyć i nierówności w dostępie do terapii. Konsekwencje technologiczne i ekologiczne – wpływ substancji na zdrowie ludzi i środowisko.										
28	Techniki specjalne w analizie i modyfikacji materiałów	Zaawansowane metody analizy i modyfikacji materiałów: materiały funkcjonalne, bio- i nanomateriały. Analiza materiałów: techniki spektroskopowe, mikroskopowe, chromatograficzne, rozproszeniowe i izotopowe. Nieklasyczne metody modyfikacji: fotochemiczne, radiacyjne, sonochemiczne.										
29	Modele chemiczne układów biologicznych	Mikroemulsje i liposomy jako modele środowiska biologicznego: woda w układach mikroheterogenicznych, woda biologiczna, układy samoorganizujące się. Rodniki i enzymologia: chemiczne i radiolityczne tworzenie rodników in vivo, kinetyka reakcji enzymatycznych, modelowanie reakcji. Techniki biofizyki i biochemii: woda w małych przestrzeniach, zdolność antyoksydacyjna, mechanizmy reakcji enzymatycznych.										
30	Wybrane zagadnienia chemii i biologii wolnych rodników oraz chemii radiacyjnej	Reaktywne cząsteczki i rodniki: klasyfikacja, powstawanie, identyfikacja, reaktywność rodników i rodnikojonów, metody badania. Reaktywne formy tlenu i azotu: właściwości, detekcja in vitro i in vivo, stres oksydacyjny, chemia biologiczna. Podstawy chemii radiacyjnej: analiza reaktywności rodników, metody eksperymentalne, interpretacja wyników.										
31	Chemometria II	Dane w pomiarach fizykochemicznych – dane kinetyczne, widma spektroskopowe, akwizycja sygnałów, konwersja analogowo-cyfrowa, archiwizacja i kompresja. Przetwarzanie i analiza danych – filtrowanie, wygładzanie, aproksymacja, różniczkowanie i całkowanie widm, dopasowanie teoretyczne, regresja nieliniowa i wielowymiarowa, globalna analiza. Metody zaawansowane – transformacja Fouriera (FFT), dekonwolucja, PCA, PLS, klasyfikacja, analiza podobieństw, optymalizacja procesów pomiarowych.										
32	Nowoczesne metody diagnostyki laserowej	Podstawy laserów – zasada działania, budowa, optyczne sprzężenie zwrotne, typy laserów, porównanie pracy ciągłej i impulsowej. Zastosowania laserów w medycynie – oddziaływania z tkanką: fotochemiczne, termiczne, fotoablacja, ablacja indukowana plazmowo.										

Lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe	2CHM1	2CHM2	2CHM3	2CHM4	2CHM5	2CHM6	2CHM7	2CHM8	2CHM9	2CHM10
33	Modelowanie molekularne	Modelowanie i wizualizacja układów chemicznych: rendering 3D, pakiety wizualizacyjne, poziomy teorii dla właściwości i reaktywności. Symulacje molekularne: mechanika molekularna, pola siłowe, analiza konformacyjna, dynamika molekularna, optymalizacja geometrii, analiza wibracyjna. Zaawansowane techniki: modele rozpuszczalnika (jawne, ciągłe), obliczenia QM/MM, dokowanie.										
34	Metody symulacyjne w chemii	Metody symulacji: deterministyczne, stochastyczne, generacja liczb losowych, Monte Carlo, dynamika molekularna, stochastyczna, kwantowa. Zastosowania i algorytmy: modelowanie zjawisk fizycznych i chemicznych (ruch Browna, agregacja, chaos, reakcje), algorytmy Metropolis'a, warunki brzegowe, sumowania Ewolda. Pakiety i ćwiczenia: HyperChem, MolDy, Gaussian, VMD, gOpenMol; wizualizacja, analiza wyników, symulacje DLA, RLA, BA, struktury fraktalne.										
35	Zaawansowane metody syntezy polimerów	Synteza polimerów: polimeryzacje z odwracalną dezaktywacją (ATRP, RAFT, NMP), ROMP, polimeryzacje jonowe i sekwencyjne. Zaawansowane techniki: samoorganizacja w roztworze (PISA), fotoinicjowane polimeryzacje, polimery o różnej topologii i funkcjonalności. Właściwości fizykochemiczne (nano)polimerów: charakterystyka i analiza strukturalna.										
36	Analiza materiałów polimerowych i nanomateriałów	Metody badania materiałów polimerowych i nanomateriałów – analiza masy cząsteczkowej, rozmiaru, właściwości termicznych i mechanicznych, stopnia krystaliczności, właściwości elektrooptycznych. Projekty badawcze – polimery i nanomateriały do elektroniki organicznej oraz o potencjale biomedycznym.										
37	Fizyka organicznego ciała stałego	Podstawy fizyki ciała stałego – właściwości i struktura materiałów krystalicznych i amorficznych, anizotropia, klasyfikacja kryształów. Oddziaływania i struktury – siły międzyatomowe, rodzaje wiązań, struktury krystaliczne i periodyczne, defekty sieci, fonony i drgania. Właściwości fizyczne i teoria pasmowa – sprężystość, przewodnictwo cieplne, teoria Einsteina i Debye'a, pasma energetyczne, półprzewodniki i przewodnictwo.										
38	Nanomateriały i nanotechnologie polimerowe	Nanomateriały i ich właściwości – porównanie z materiałami mikronowymi, specyficzne cechy fizykochemiczne. Metody wytwarzania nanocząstek i nanokompozytów – techniki syntezy i formowania struktur o określonych parametrach. Nanokompozyty polimerowe o specjalnych właściwościach – podwyższona przenikalność elektryczna, właściwości barierowe, przewodnictwo, odporność ogniowa, powłoki przeciwkorozyjne.										
39	Modelowanie złożonych układów molekularnych	Podstawy programowania – wprowadzenie do Python lub C++: wejście/wyjście danych, instrukcje warunkowe, pętle, struktury danych, tablice, funkcje i biblioteki. Obliczenia numeryczne i analiza danych – generatory liczb pseudolosowych, formaty zapisu konfiguracji molekularnych, wizualizacja wyników symulacji. Metody symulacji komputerowych – dynamika molekularna, Monte Carlo, automaty komórkowe w modelowaniu układów polimerowych.										
40	Materiały funkcjonalne dla zaawansowanych technologii - PBL	Zajęcia projektowe w systemie PBL – rozwiązywanie problemów badawczych w pracy grupowej i indywidualnej. Tematyka projektów – ogólna, dostosowana do specjalności, rozwijająca umiejętności współpracy i samodzielnego kształtowania narzędzi projektowych. Cele dydaktyczne – pogłębianie wiedzy, rozwijanie zainteresowań i kompetencji wzbogacających program podstawowy.										

Lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe	2CHM1	2CHM2	2CHM3	2CHM4	2CHM5	2CHM6	2CHM7	2CHM8	2CHM9	2CHM10
41	Advanced Methods of Polymer Synthesis	Synteza polimerów: polimeryzacje z odwracalną dezaktywacją (ATRP, RAFT, NMP), ROMP, polimeryzacje jonowe i sekwencyjne. Zaawansowane techniki: samoorganizacja w roztworze (PISA), fotoinicjowane polimeryzacje, polimery o różnej topologii i funkcjonalności. Właściwości fizykochemiczne (nano)polimerów: charakterystyka i analiza strukturalna.										
42	Analysis of Polymer Materials and Nanomaterials	Metody badania materiałów polimerowych i nanomateriałów - analiza masy cząsteczkowej, rozmiaru, właściwości termicznych i mechanicznych, stopnia krystaliczności, właściwości elektrooptycznych. Projekty badawcze - polimery i nanomateriały do elektroniki organicznej oraz o potencjale biomedycznym.										
43	Organic Solid State Physics	Podstawy fizyki ciała stałego - właściwości i struktura materiałów krystalicznych i amorficznych, anizotropia, klasyfikacja kryształów. Oddziaływania i struktury - siły międzycząsteczkowe, rodzaje wiązań, struktury krystaliczne i periodyczne, defekty sieci, fonony i drgania. Właściwości fizyczne i teoria pasmowa - sprężystość, przewodnictwo cieplne, teoria Einsteina i Debye'a, pasma energetyczne, półprzewodniki i przewodnictwo.										
44	Nanomaterials and Polymer Nanotechnologies	Nanomateriały i ich właściwości - porównanie z materiałami mikronowymi, specyficzne cechy fizykochemiczne. Metody wytwarzania nanocząstek i nanokompozytów - techniki syntezy i formowania struktur o określonych parametrach. Nanokompozyty polimerowe o specjalnych właściwościach - podwyższona przenikalność elektryczna, właściwości barierowe, przewodnictwo, odporność ogniowa, powłoki przeciwkorozyjne.										
45	Modeling of Complex Molecular Systems	Podstawy programowania - wprowadzenie do Python lub C++: wejście/wyjście danych, instrukcje warunkowe, pętle, struktury danych, tablice, funkcje i biblioteki. Obliczenia numeryczne i analiza danych - generatory liczb pseudolosowych, formaty zapisu konfiguracji molekularnych, wizualizacja wyników symulacji. Metody symulacji komputerowych - dynamika molekularna, Monte Carlo, automaty komórkowe w modelowaniu układów polimerowych.										
46	Functional Materials for Advanced Technologies - PBL	Zajęcia projektowe w systemie PBL - rozwiązywanie problemów badawczych w pracy grupowej i indywidualnej. Tematyka projektów - ogólna, dostosowana do specjalności, rozwijająca umiejętności współpracy i samodzielnego kształtowania narzędzi projektowych. Cele dydaktyczne - pogłębianie wiedzy, rozwijanie zainteresowań i kompetencji wzbogacających program podstawowy.										
47	Zaawansowana chemia organiczna	Teoria liniowej kombinacji orbitali atomowych na przykładach układów polienowych oraz kationu, anionu i rodnika allilowego. Reakcje pericykliczne: elektrocykliczne, cykloaddycje, przegupowania sigmatropowe, reakcje enowe - z uwzględnieniem interakcji orbitalowych i konsekwencji stereochemicznych. Przegrupowania: Beckmana, Curtiusa, Hofmanna, Wofla, Baeyer-Villigera, pinakolowe i semipinakolowe - mechanizmy oraz wpływ czynników elektronowych na szybkość migracji fragmentów.										
48	Stereoselektywna synteza i kataliza organiczna	Zasady stereoselektywności w syntezie organicznej - klasyfikacja reakcji, indukacja asymetryczna, katalityczne reakcje enancjoselektywne. Organokataliza - zalety, główne grupy katalizatorów, mechanizmy działania, przykłady reakcji (addycja Michaela, reakcja aldolowa). Biotransformacje i reakcje enzymatyczne - zastosowania w syntezie organicznej.										

Lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe	2CHM1	2CHM2	2CHM3	2CHM4	2CHM5	2CHM6	2CHM7	2CHM8	2CHM9	2CHM10
49	Analiza retrosyntetyczna z elementami stereochemii dynamicznej	Podstawy analizy retrosyntetycznej i stereochemii statycznej – zasady i zastosowania. Wpływ efektów sterycznych i stereoelektrycznych na konformacje cząsteczek – znaczenie w projektowaniu syntezy. Stereochemiczne skutki reakcji – reakcje stereoselektywne i stereospecyficzne.										
50	Analiza związków organicznych	Techniki rozdziału i identyfikacji – spektroskopia UV, IR, NMR, MS oraz chromatografia gazowa, cieczowa, jonowymienna i powinowactwa. Podstawy teoretyczne i zastosowania – wykorzystanie metod do analizy związków biologicznie aktywnych i farmaceutyków. Analiza produktów przemysłu organicznego – badania jakościowe i ilościowe substancji organicznych.										
51	Zaawansowana spektroskopia NMR	Nowoczesne techniki NMR – analiza jakościowa i ilościowa związków organicznych. Badania dynamiki i dyfuzji – wykorzystanie NMR do określania ruchliwości cząsteczek. Oddziaływania międzycząsteczkowe – badania kompleksów ligand-receptor metodami NMR										
52	Chemia związków naturalnych	Naturalne związki organiczne – aminokwasy, peptydy (synteza), białka i ich klasyfikacja, cukry, lipidy, steroidy, terpenoidy. Struktura i funkcje biomolekuł – białka proste i złożone, enzymatyczne, kwasy tłuszczowe, prostaglandyny, fosfolipidy, związki sygnałowe (feromony). Mimetyki biologiczne – związki naśladujące naturalne struktury o potencjalnym znaczeniu biologicznym.										
53	Chemia związków fosforoorganicznych	Historia odkrycia fosforu. Klasyfikacja i nazewnictwo związków fosforoorganicznych. Występowanie związków fosforoorganicznych w przyrodzie. Synteza i reakcje związków trikoordynowanego fosforu. Synteza i reakcje związków tetrakoordynowanego fosforu. Synteza i reakcje ylidów fosforowych.										
54	Chemia ciała stałego i analiza rentgenowska	Właściwości elektryczne i magnetyczne ciał stałych – nadprzewodnictwo i ich znaczenie. Metody dyfrakcji – XRD, elektronowa, neutronowa; źródła promieniowania rentgenowskiego. Rozwiązanie i udoskonalanie struktury monokryształów – interpretacja i walidacja wyników.										
55	Chemia kryminalistyczna i instrumentalne metody w analizie śladowej	Wprowadzenie do technik i metod kryminalistycznych – analizy klasyczne, chromatograficzne, spektroskopowe, optyczne. Nowoczesne metody analizy śladowej – SEM-EDS, TOF-SIMS, ICP-AES, AAS, ICP-MS, LA-ICP-MS. Zastosowanie zaawansowanych narzędzi w kryminalistyce – identyfikacja i interpretacja śladów.										
56	Archeometria	Metody badań obiektów zabytkowych – techniki destrukcyjne i niestrukcyjne (GC, MS, LC, FTIR, XRD). Konserwacja zabytków i dzieł sztuki – zasady i zastosowania analityczne. Analiza ceramiki z wykorzystaniem GC-MS i XRD – identyfikacja i interpretacja wyników.										
57	Procedury analityczne	Pobieranie próbek i jakość: reprezentatywność, normalizacja, systemy jakości w laboratorium. Kontrola i procedury: kalibracja urządzeń, materiały odniesienia, niepewność pomiaru, walidacja metod. Przygotowanie próbek i wzbogacanie analitów: pobieranie próbek stałych, ciekłych, gazowych, obróbka wstępna, ekstrakcje (ciecz-ciecz, ciecz-ciało stałe, gaz-ciecz), mikroekstrakcja, nadkrytyczna.		x				x	x			x

Lp.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe	2CHM1	2CHM2	2CHM3	2CHM4	2CHM5	2CHM6	2CHM7	2CHM8	2CHM9	2CHM10
58	Analityka próbek środowiskowych	Podstawy chemii środowiska – analizy polowe i laboratoryjne, metody retrospekcyjne i prospekcyjne badań geochemicznych. Interpretacja wyników i charakterystyka próbek – analiza skał i osadów o różnej genezie, ocena składu i właściwości. Badania gleb i wód – ekstrakcja metali ciężkich z gleby, analiza składu wód podziemnych, klasyfikacja i ocena jakości.										
59	Współczesna analityka przemysłowa	Systemy kontroli procesu i jakości w przemyśle – badanie surowców, półproduktów, produktów gotowych, materiałów pomocniczych i odpadowych. Pobieranie i rozkład próbek – partia produktu, reprezentatywność, podstawowe zasady przygotowania próbek. Metody analityczne i organizacja pracy – techniki stosowane w wybranych gałęziach przemysłu, dokumentacja, dobra praktyka laboratoryjna, akredytacja i certyfikacja.										
60	Polikrystaliczne metody analityczne	Strukturalne bazy danych polikrystalicznych: informacje 1D, 2D, 3D, analiza PXR. Charakterystyka krystaliczności: stałe sieciowe, typy sieci Bravais’go, stopień krystaliczności/amorfizacji, wielkość krystalitów a właściwości spektroskopowe. Analizy jakościowe i ilościowe: układy wieloskładnikowe, metody wzorcowe, analiza fazowa przy nakładających się refleksach, tekstura, orientacja, szacowanie błędów.										

## ECTS - przedmioty

Lp.	Nazwa przedmiotu	ECTS	Przedmioty z dziedziny nauk humanistycznych i nauk społecznych	Przedmioty obieralne	Przedmioty profilowe	Zajęcia w języku obcym
1	Nowoczesne metody diagnostyki i terapii	7		7	7	
2	Biostereochemia	2		2	2	
3	Leki pochodzenia naturalnego i biofarmaceutyki. Farmakokinetyka i walidacja leków	7		7	7	
4	Theoretical and Computational Chemistry	5			5	5
5	Krystalografia	3			3	
6	Strategia i projektowanie syntez organicznych	4			4	
7	Metody otrzymywania i zastosowanie polimerów specjalistycznych i funkcjonalnych	2			2	
8	Chemia medyczna	5		5	5	
9	Biomateriały	3		3	3	
10	Metody obliczeniowe w chemii leków	5		5	5	
11	Techniki NMR w chemii leków	2		2	2	
12	Analiza instrumentalna	5			5	
13	Spektroskopia	7			7	
14	Elementy chemometrii	3				
15	Startup w praktyce. Patenty, fundusze i prawo pracy	3	3			
16	Język obcy do celów specjalistycznych	2				
17	Praca dyplomowa	20		20	20	
18	Pracownia dyplomowa	2			2	
19	Nanochemia	1		1	1	
20	Nowe strategie, koncepcje i technologie w chemii medycznej	1		1	1	

Lp.	Nazwa przedmiotu	ECTS	Przedmioty z dziedziny nauk humanistycznych i nauk społecznych	Przedmioty obieralne	Przedmioty profilowe	Zajęcia w języku obcym
21	Nowoczesna technologia chemiczna	1		1	1	
22	Rekonfiguralne materiały samonaprawiające się	1		1	1	
23	Modyfikacja chemiczna kompozytów polimerowych	1		1	1	
24	Chemia zapachów w perfumiarstwie - od cząsteczki do aromatu	2	2	2		
25	Chemia - inżynieria przyszłości	2	2	2		
26	Techniki prezentacji	2	2	2		
27	Etyczne i społeczne aspekty stosowane w związkach biologicznie aktywnych	2	2	2		
28	Techniki specjalne w analizie i modyfikacji materiałów	10		10	10	
29	Modele chemiczne układów biologicznych	3		3	3	
30	Wybrane zagadnienia chemii i biologii wolnych rodników oraz chemii radiacyjnej	3		3	3	
31	Chemometria II	4		4	4	
32	Nowoczesne metody diagnostyki laserowej	2		2	2	
33	Modelowanie molekularne	5		5	5	
34	Metody symulacyjne w chemii	4		4	4	
35	Zaawansowane metody syntezy polimerów	7		7	7	
36	Analiza materiałów polimerowych i nanomateriałów	4		4	4	
37	Fizyka organicznego ciała stałego	5		5	5	
38	Nanomateriały i nanotechnologie polimerowe	5		5	5	
39	Modelowanie złożonych układów molekularnych	5		5	5	
40	Materiały funkcjonalne dla zaawansowanych technologii - PBL	5		5	5	
41	Advanced Methods of Polymer Synthesis	7		7	7	7

Lp.	Nazwa przedmiotu	ECTS	Przedmioty z dziedziny nauk humanistycznych i nauk społecznych	Przedmioty obieralne	Przedmioty profilowe	Zajęcia w języku obcym
42	Analysis of Polymer Materials and Nanomaterials	4		4	4	4
43	Organic Solid State Physics	5		5	5	5
44	Nanomaterials and Polymer Nanotechnologies	5		5	5	5
45	Modeling of Complex Molecular Systems	5		5	5	5
46	Functional Materials for Advanced Technologies - PBL	5		5	5	5
47	Zaawansowana chemia organiczna	4		4	4	
48	Stereoselektywna synteza i kataliza organiczna	7		7	7	
49	Analiza retrosyntetyczna z elementami stereochemii dynamicznej	5		5	5	
50	Analiza związków organicznych	4		4	4	
51	Zaawansowana spektroskopia NMR	3		3	3	
52	Chemia związków naturalnych	7		7	7	
53	Chemia związków fosforoorganicznych	1		1	1	
54	Chemia ciała stałego i analiza rentgenowska	8		8	8	
55	Chemia kryminalistyczna i instrumentalne metody w analizie śladowej	4		4	4	
56	Archeometria	4		4	4	
57	Procedury analityczne	6		6	6	
58	Analityka próbek środowiskowych	3		3	3	
59	Współczesna analityka przemysłowa	3		3	3	
60	Polikrystaliczne metody analityczne	3		3	3	

# Wskaźniki ECTS

Nazwa	Specjalność: Chemia medyczna	Specjalność: Techniki fizykochemiczne i obliczeniowe w chemii, biologii i medycynie	Specjalność: Materiały inteligentne	Specjalność: Smart Materials	Specjalność: Nowoczesna synteza i analiza organiczna	Specjalność: Chemia analityczna i strukturalna
Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć podlegających wyborowi przez studenta (w wymiarze nie mniejszym niż 30% liczby punktów ECTS koniecznych do uzyskania kwalifikacji odpowiadającej poziomowi kształcenia)	54/90 (60%)	54/90 (60%)	54/90 (60%)	54/90 (60%)	54/90 (60%)	54/90 (60%)
Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych	5	5	5	5	5	5
Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć powiązanych z badaniami prowadzonymi na uczelni w wymiarze większym niż 50% liczby punktów ECTS wymaganej do ukończenia studiów na danym poziomie	80/90 (88.89%)	80/90 (88.89%)	80/90 (88.89%)	80/90 (88.89%)	80/90 (88.89%)	80/90 (88.89%)

## **Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się**

Weryfikacja efektów uczenia się odbywa się w sposób systematyczny, z wykorzystaniem różnorodnych metod dostosowanych do charakteru przedmiotów i zakładanych efektów uczenia się. Stosowane są m.in.: 1/ Egzaminy pisemne i ustne - sprawdzające wiedzę teoretyczną, umiejętność analizy i syntezy informacji oraz rozwiązywania problemów; 2/ Kolokwia i testy cząstkowe - umożliwiające bieżącą kontrolę postępów w nauce; 3/ Ocena projektów i prac laboratoryjnych - weryfikacja umiejętności praktycznych, stosowania metod badawczych, interpretacji wyników oraz pracy zespołowej; 4/ Prezentacje i seminaria - sprawdzające kompetencje komunikacyjne, umiejętność argumentacji i prezentacji wyników badań; 5/ Raporty i sprawozdania - ocena umiejętności dokumentowania i analizy danych; 6/ Egzamin kompetencyjny, praca dyplomowa i jej obrona - kompleksowa weryfikacja efektów uczenia się, obejmująca wiedzę, umiejętności i kompetencje społeczne; 7/ Aktywność w dyskusjach, udział w projektach badawczych - ocena zaangażowania, samodzielności i zdolności do pracy w grupach. Sposoby weryfikacji dla poszczególnych przedmiotów opisane są szczegółowo w kartach przedmiotów.

## **Praktyki zawodowe**

nie dotyczy

## **Specjalności/ścieżki dyplomowania oferowane w ramach programu studiów**

Specjalność: Chemia medyczna

Specjalność: Techniki fizykochemiczne i obliczeniowe w chemii, biologii i medycynie

Specjalność: Materiały inteligentne

Specjalność: Smart Materials

Specjalność: Nowoczesna synteza i analiza organiczna

Specjalność: Chemia analityczna i strukturalna

# Charakterystyka kierunku

## Sylwetka absolwenta

Absolwent kierunku Chemia posiada pogłębioną wiedzę z zakresu nauk chemicznych, obejmującą zagadnienia chemii oraz technologii chemicznej. Rozumie mechanizmy procesów chemicznych i potrafi je analizować zarówno w kontekście laboratoryjnym, jak i przemysłowym. Dysponuje umiejętnościami projektowania i prowadzenia badań w wybranych obszarach chemii, wykorzystując zaawansowane metody analizy instrumentalnej oraz interpretacji wyników z zastosowaniem narzędzi statystycznych i cyfrowych. Potrafi obsługiwać nowoczesną aparaturę chemiczną i analityczną, stosując zasady bezpieczeństwa pracy i ochrony środowiska. Opisuje metody otrzymywania i bezpiecznego stosowania wyrobów chemicznych, a także zasady postępowania z odpadami i materiałami zużyтыми, promując idee zrównoważonego rozwoju. Posiada kompetencje w zakresie oceny ryzyka technologicznego, kontroli jakości produktów oraz wdrażania innowacyjnych rozwiązań w przemyśle chemicznym. Umie korzystać z fachowej literatury, baz danych i regulacji prawnych dotyczących działalności gospodarczej, ochrony środowiska i bezpieczeństwa chemicznego. Absolwent potrafi pracować zarówno samodzielnie, jak i w zespołach interdyscyplinarnych, w tym podejmując role kierownicze. Skutecznie komunikuje się ze specjalistami z innych dziedzin. Stosuje zasady etyczne, prawne i ekonomiczne obowiązujące w pracy zawodowej, co pozwala na odpowiedzialne podejmowanie decyzji w kontekście technologicznym i środowiskowym. Jest gotowy do ciągłego doskonalenia kompetencji oraz aktywnego działania na rzecz społeczności i rozwoju nauki.

Cechą wyróżniającą absolwenta jest interdyscyplinarność kompetencji, wynikająca z połączenia wiedzy z zakresu chemii, technologii chemicznej, syntezy chemicznej, nowoczesnej analityki chemicznej. Dzięki temu absolwent jest przygotowany do rozwiązywania złożonych problemów badawczych oraz wdrażania innowacji zgodnych z zasadami zrównoważonego rozwoju.

## Związek kierunku studiów ze strategią uczelni

Kierunek Chemia wpisuje się w strategię Politechniki Łódzkiej na lata 2025-2030 (<https://p.lodz.pl/uczelnia/strategia-uczelni>), której istotnym celem jest rozwój modelu kształcenia przygotowującego absolwentów do dynamicznie zmieniających się potrzeb otoczenia społeczno-gospodarczego.

Program studiów kierunku Chemia realizuje następujące cele strategii PŁ:

- Wspieranie prowadzenia badań naukowych rozwiązujących problemy otoczenia społeczno-gospodarczego. Studenci kierunku Chemia angażowani są w projekty badawcze powiązane z sektorem przemysłowym.
- Rozwijanie oferty mobilności pracowników, doktorantów i studentów PŁ. Studenci kierunku Chemia i kadra Wydziału Chemicznego PŁ korzystają regularnie z możliwości wyjazdów zagranicznych.
- Rozwój internacjonalizacji w obszarze kształcenia. Wydział Chemiczny oferuje studentom kierunku Chemia przedmioty i seminaria w języku angielskim.

Prowadzenie badań użytecznych, odpowiedzialnych społecznie i środowiskowo, wspierających gospodarkę opartą na wiedzy oraz wspieranie badań o charakterze interdyscyplinarnym poprzez rozwój współpracy między dyscyplinami oraz dziedzinami nauki. Studenci mają możliwość realizacji badań naukowych powiązanych z przemysłem, odpowiadających na potrzeby społeczne i środowiskowe, wspierających gospodarkę opartą na wiedzy. Program studiów na kierunku Chemia jest konsultowany z Radą Biznesu przy Wydziale Chemicznym, co gwarantuje jego zgodność z wymaganiami rynku pracy.

Specjalności, takie jak materiały inteligentne/ Smart Materials i chemia medyczna, mają charakter interdyscyplinarny, integrując różne dziedziny nauki.

Unowocześnianie infrastruktury badawczej oraz rozwój systemu jej racjonalnego wykorzystania. Studenci Wydziału Chemicznego PŁ mają zapewniony dostęp do specjalistycznej aparatury oraz nowoczesnych laboratoriów w gmachu chemii- Alchemium-Magia chemii jutra.

Realizacja jasnych i sprawiedliwych zasad zatrudniania, wynagradzania oraz awansów zawodowych pracowników z uwzględnieniem tolerancji i polityki równości. Proces rekrutacji pracowników Wydziału Chemicznego PŁ oparty jest na polityce OTM-R - „Otwarty Przejrzysty Merytoryczny Proces Rekrutacji”.

Stałe podnoszenie kompetencji nauczycieli akademickich w zakresie nowoczesnych metod kształcenia, aktualnego stanu wiedzy, rozwoju technologicznego oraz trendów w nauce. Nauczyciele akademicy zaangażowani w prowadzenie zajęć dydaktycznych na kierunku Chemia aktywnie biorą udział w licznych szkoleniach, podnosząc kwalifikacje m.in. w zakresie nowoczesnych metod kształcenia.

Doskonalenie oferty dydaktycznej, w tym uzupełniających form kształcenia, w odpowiedzi na wyzwania otoczenia społeczno-gospodarczego. Rada Biznesu przy Wydziale Chemicznym ma realny wpływ na kształt programu kierunku Chemia, który jest odpowiedzią na wyzwania społeczno-gospodarcze.

Wzmocnienie procesu zarządzania talentami poprzez indywidualizację ścieżek kształcenia studentów i doktorantów. Uzdolnieni studenci mogą realizować studia w ramach IPS i IOZ oraz uczestniczyć w programach mentoringowych PŁ, takich jak np. E2TOP.

Wspieranie rozwoju naukowego studentów i doktorantów z uwzględnieniem interdyscyplinarności i umiędzynarodowienia; oraz Zwiększenie udziału studentów w pracach badawczych prowadzonych w uczelni oraz intensyfikacja zdobywania przez studentów doświadczeń praktycznych poza uczelnią. Studenci mają możliwość udziału w projektach badawczych o charakterze interdyscyplinarnym - np. łączących zagadnienia chemii, biologii, medycyny, materiałoznawstwa, informatyki. Mogą także uczestniczyć w wyjazdach zagranicznych i programach wymiany - Erasmus+, stażach w zagranicznych laboratoriach. Studenci są także współautorami publikacji naukowych o zasięgu międzynarodowym.

Podsumowując dzięki wdrożeniu powyższych inicjatyw kierunek Chemia wpisuje się w strategię Politechniki Łódzkiej, oferując studentom najwyższy poziom kształcenia i przygotowanie do wymagań rynku pracy.

### **Cele kształcenia oraz możliwości zatrudnienia i kontynuacji studiów**

Studia magisterskie na kierunku Chemia mają na celu pogłębienie wiedzy teoretycznej i praktycznej studentów z zakresu chemii, technologii chemicznej oraz nowoczesnych metod analizy instrumentalnej i metod obliczeniowych. Program studiów rozwija umiejętności projektowania i realizacji złożonych badań, interpretacji wyników z wykorzystaniem narzędzi statystycznych i cyfrowych, a także przygotowuje do wdrażania innowacyjnych rozwiązań zgodnych z zasadami zrównoważonego rozwoju. Nacisk kładziony jest również na rozwój kompetencji z zakresu oceny ryzyka technologicznego, kontroli jakości produktów, minimalizacji wpływu procesów na środowisko oraz stosowania regulacji prawnych i zasad etyki w działalności zawodowej. Istotnym elementem kształcenia jest rozwijanie zdolności pracy w zespołach interdyscyplinarnych, kierowania i zarządzania projektami oraz skutecznej komunikacji w środowisku międzynarodowym. Program przygotowuje również do samokształcenia i podjęcia nauki w ramach studiów doktoranckich.

Program studiów kierunku Chemia przygotowuje do pracy w laboratoriach badawczo-rozwojowych przemysłu chemicznego, farmaceutycznego, kosmetycznego, materiałowego itp., a także w działach kontroli jakości chemikaliów i wyrobów przemysłowych. Absolwent może znaleźć zatrudnienie w laboratoriach analitycznych, chemicznych, biochemicznych i środowiskowych oraz w akredytowanych jednostkach badawczych. Jego kompetencje obejmują również doradztwo techniczne i w zakresie bezpieczeństwa chemicznego oraz systemów jakości, a także wdrażanie technologii proekologicznych. Jest przygotowany do pracy w firmach branży chemicznej wdrażających innowacyjne rozwiązania oraz w mikrobiznesie i startupach zajmujących się produkcją i przerobem chemikaliów. Ponadto posiada kwalifikacje umożliwiające rozwój kariery naukowej w instytucjach badawczych i edukacyjnych.

### **Opis przebiegu i wyniku konsultacji proponowanego programu studiów z otoczeniem społeczno-gospodarczym**

Koncepcja kształcenia na kierunku Chemia II stopień powstała w odpowiedzi na zapotrzebowanie otoczenia społeczno-gospodarczego na chemików. Rada Biznesu przy Wydziale Chemicznym Politechniki Łódzkiej aktywnie uczestniczyła w procesie opiniowania przygotowanego programu studiów. W Radzie Biznesu zasiadają przedstawiciele następujących firm: Atlas sp. z o.o., CDM Sp. z o.o., Corning Cable Systems Polska sp. z o.o., Krajowa Grupa Spożywcza S.A., Lubawa S.A., Polfarmex S.A., Adamed Pharma S.A., Delia Cosmetics Sp. z o.o., Petecki sp. z o.o., QWERTY Sp. z o.o., Hitachi Energy, KIGEL Sp. z o.o., TomTom Polska, CloudFerro S.A., WITKO Sp. z o.o. a także reprezentanci Business Centre Club, Łódzkiej Agencji Rozwoju Regionalnego, Biura Obsługi Inwestora i Współpracy z Zagranicą Urzędu Miasta Łodzi, Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego oraz Laboratorium Kryminalistycznego Komendy Wojewódzkiej Policji w Łodzi. Współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym w procesie kształcenia odbywa się na wielu płaszczyznach i dotyczy: realizacji zajęć, sprawowania opieki nad studentami podczas realizacji praktyk zawodowych, pozyskiwania materiałów do prac dyplomowych, opiniowania programu studiów, głównie w zakresie efektów uczenia. Celem współpracy jest również doskonalenie kształcenia na kierunku; połączenie potrzeb i oczekiwań podmiotów zewnętrznych z kształceniem studentów; powiązanie badań naukowych z potrzebami otoczenia zewnętrznego oraz wspólna realizacja przedsięwzięć dydaktycznych, naukowych i popularyzatorskich. Program studiów pisemnie pozytywnie zaopiniowały: Rada Biznesu WCh PŁ oraz firma ChemiPack sp.z.o.o.

### **Opis kompetencji oczekiwanych od kandydata ubiegającego się o przyjęcie na studia**

Dyplom inżyniera po ukończonych studiach I stopnia, dyplom magistra inżyniera po ukończonych studiach równorzędnych.

## **Jednostka organizująca kształcenie**

Wydział Chemiczny

## Plan studiów

### Semestr 1

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Theoretical and Computational Chemistry	Zajęcia laboratoryjne: 15 E-learning: 35	5	Egzamin	Przedmioty obowiązkowe
Krystalografia	Ćwiczenia: 10 Zajęcia laboratoryjne: 10 Wykład: 20	3	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty obowiązkowe
Strategia i projektowanie syntez organicznych	Zajęcia projektowe: 30 Wykład: 15	4	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty obowiązkowe
Metody otrzymywania i zastosowanie polimerów specjalistycznych i funkcjonalnych	Wykład: 35	2	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty obowiązkowe
<b>Suma</b>	<b>170</b>	<b>14</b>		

### Specjalność: Chemia analityczna i strukturalna

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Chemia ciała stałego i analiza rentgenowska	Zajęcia laboratoryjne: 60 Wykład: 30	8	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Chemia kryminalistyczna i instrumentalne metody w analizie śladowej	Zajęcia laboratoryjne: 30 Zajęcia projektowe: 10 Wykład: 20	4	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Archeometria	Seminarium: 5 Zajęcia laboratoryjne: 15 Wykład: 10	4	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>16</b>		

## Specjalność: Nowoczesna synteza i analiza organiczna

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Zaawansowana chemia organiczna	Ćwiczenia: 10 Seminarium: 10 Wykład: 25	4	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Stereoselektywna synteza i kataliza organiczna	Seminarium: 15 Zajęcia laboratoryjne: 30 Wykład: 30	7	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Analiza retrosyntetyczna z elementami stereochemii dynamicznej	Ćwiczenia: 15 Zajęcia laboratoryjne: 15 Wykład: 30	5	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>16</b>		

## Specjalność: Techniki fizykochemiczne i obliczeniowe w chemii, biologii i medycynie

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Techniki specjalne w analizie i modyfikacji materiałów	Zajęcia laboratoryjne: 70 Wykład: 40	10	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Modele chemiczne układów biologicznych	Zajęcia laboratoryjne: 20 Wykład: 15	3	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Wybrane zagadnienia chemii i biologii wolnych rodników oraz chemii radiacyjnej	Zajęcia laboratoryjne: 20 Wykład: 15	3	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>16</b>		

## Specjalność: Materiały inteligentne

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Zaawansowane metody syntezy polimerów	Seminarium: 5 Zajęcia laboratoryjne: 15 Zajęcia projektowe: 25 Wykład: 30	7	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe

<b>Przedmiot</b>	<b>Liczba godzin</b>	<b>Punkty ECTS</b>	<b>Forma weryfikacji</b>	<b>Obligatoryjność</b>
Analiza materiałów polimerowych i nanomateriałów	Seminarium: 5 Zajęcia laboratoryjne: 15 Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 10	4	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Fizyka organicznego ciała stałego	Zajęcia laboratoryjne: 20 Zajęcia projektowe: 20 Wykład: 20	5	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>16</b>		

### **Specjalność: Smart Materials**

<b>Przedmiot</b>	<b>Liczba godzin</b>	<b>Punkty ECTS</b>	<b>Forma weryfikacji</b>	<b>Obligatoryjność</b>
Advanced Methods of Polymer Synthesis	Seminarium: 5 Zajęcia laboratoryjne: 15 Zajęcia projektowe: 25 Wykład: 30	7	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Analysis of Polymer Materials and Nanomaterials	Seminarium: 5 Zajęcia laboratoryjne: 15 Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 10	4	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Organic Solid State Physics	Zajęcia laboratoryjne: 20 Zajęcia projektowe: 20 Wykład: 20	5	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>16</b>		

### **Specjalność: Chemia medyczna**

<b>Przedmiot</b>	<b>Liczba godzin</b>	<b>Punkty ECTS</b>	<b>Forma weryfikacji</b>	<b>Obligatoryjność</b>
Nowoczesne metody diagnostyki i terapii	Zajęcia laboratoryjne: 30 Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 45	7	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Biostereochemia	Ćwiczenia: 15	2	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Leki pochodzenia naturalnego i biofarmaceutyki. Farmakokinetyka i walidacja leków	Zajęcia laboratoryjne: 15 Zajęcia projektowe: 24 Wykład: 36	7	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>16</b>		

## Semestr 2

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Analiza instrumentalna	Zajęcia laboratoryjne: 30 Wykład: 15	5	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty obowiązkowe
Spektroskopia	Zajęcia laboratoryjne: 46 Wykład: 24	7	Egzamin	Przedmioty obowiązkowe
Elementy chemometrii	Zajęcia laboratoryjne: 25	3	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty obowiązkowe
<b>Suma</b>	<b>140</b>	<b>15</b>		

## Specjalność: Chemia analityczna i strukturalna

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Procedury analityczne	Zajęcia laboratoryjne: 30 Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 15	6	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Analityka próbek środowiskowych	Zajęcia laboratoryjne: 30 Wykład: 15	3	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Współczesna analityka przemysłowa	Zajęcia laboratoryjne: 30 Wykład: 15	3	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Polikrystaliczne metody analityczne	Zajęcia laboratoryjne: 30	3	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>15</b>		

### Specjalność: Nowoczesna synteza i analiza organiczna

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Analiza związków organicznych	Zajęcia laboratoryjne: 15 Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 15	4	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Zaawansowana spektroskopia NMR	Zajęcia laboratoryjne: 30 Wykład: 15	3	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Chemia związków naturalnych	Zajęcia laboratoryjne: 60 Wykład: 15	7	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Chemia związków fosforoorganicznych	Wykład: 15	1	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>15</b>		

### Specjalność: Techniki fizykochemiczne i obliczeniowe w chemii, biologii i medycynie

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Chemometria II	Zajęcia laboratoryjne: 30 Wykład: 15	4	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Nowoczesne metody diagnostyki laserowej	Zajęcia laboratoryjne: 15 Wykład: 15	2	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Modelowanie molekularne	Zajęcia laboratoryjne: 30 Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 15	5	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Metody symulacyjne w chemii	Zajęcia laboratoryjne: 30 Wykład: 15	4	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>15</b>		

## Specjalność: Materiały inteligentne

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Nanomateriały i nanotechnologie polimerowe	Seminarium: 5 Zajęcia laboratoryjne: 20 Zajęcia projektowe: 20 Wykład: 15	5	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Modelowanie złożonych układów molekularnych	Zajęcia laboratoryjne: 30 Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 15	5	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Materiały funkcjonalne dla zaawansowanych technologii - PBL	Zajęcia projektowe: 60	5	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>15</b>		

## Specjalność: Smart Materials

Przedmiot	Liczba godzin	Punkty ECTS	Forma weryfikacji	Obligatoryjność
Nanomaterials and Polymer Nanotechnologies	Seminarium: 5 Zajęcia laboratoryjne: 20 Zajęcia projektowe: 20 Wykład: 15	5	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Modeling of Complex Molecular Systems	Zajęcia laboratoryjne: 30 Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 15	5	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Functional Materials for Advanced Technologies - PBL	Zajęcia projektowe: 60	5	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>15</b>		

## Specjalność: Chemia medyczna

<b>Przedmiot</b>	<b>Liczba godzin</b>	<b>Punkty ECTS</b>	<b>Forma weryfikacji</b>	<b>Obligatoryjność</b>
Chemia medyczna	Seminarium: 15 Zajęcia laboratoryjne: 15 Wykład: 30	5	Egzamin	Obowiązkowe specjalnościowe
Biomateriały	Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 15	3	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Metody obliczeniowe w chemii leków	Zajęcia laboratoryjne: 30 Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 15	5	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
Techniki NMR w chemii leków	Zajęcia laboratoryjne: 15 Wykład: 15	2	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowe specjalnościowe
<b>Suma</b>	<b>180</b>	<b>15</b>		

## Semestr 3

<b>Przedmiot</b>	<b>Liczba godzin</b>	<b>Punkty ECTS</b>	<b>Forma weryfikacji</b>	<b>Obligatoryjność</b>
Startup w praktyce. Patenty, fundusze i prawo pracy	Zajęcia projektowe: 15 Wykład: 15	3	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty obowiązkowe
Język obcy do celów specjalistycznych	Ćwiczenia: 45	2	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty obowiązkowe
Praca dyplomowa	Praca dyplomowa: 0	20	Zaliczenie	Przedmioty obowiązkowe do wyboru
Pracownia dyplomowa	Seminarium: 5 Zajęcia projektowe: 30	2	Zaliczenie na ocenę + egzamin	Przedmioty obowiązkowe
Przedmiot do wyboru 1		1	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowa grupa
Student wybiera 1 przedmiot z grupy				
Nanochemia	Zajęcia projektowe: 10 Wykład: 5	1	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty do wyboru

<b>Przedmiot</b>	<b>Liczba godzin</b>	<b>Punkty ECTS</b>	<b>Forma weryfikacji</b>	<b>Obligatoryjność</b>
Nowe strategie, koncepcje i technologie w chemii medycznej	Zajęcia projektowe: 10 Wykład: 5	1	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty do wyboru
Nowoczesna technologia chemiczna	Zajęcia projektowe: 10 Wykład: 5	1	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty do wyboru
Rekonfiguralne materiały samonaprawiające się	Zajęcia projektowe: 10 Wykład: 5	1	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty do wyboru
Modyfikacja chemiczna kompozytów polimerowych	Zajęcia projektowe: 10 Wykład: 5	1	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty do wyboru
Przedmiot do wyboru 2		2	Zaliczenie na ocenę	Obowiązkowa grupa
Student wybiera 1 przedmiot z grupy				
Chemia zapachów w perfumiarstwie - od cząsteczki do aromatu	Seminarium: 15	2	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty do wyboru
Chemia - inżynieria przyszłości	Seminarium: 15	2	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty do wyboru
Techniki prezentacji	Seminarium: 15	2	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty do wyboru
Etyczne i społeczne aspekty stosowane w związkach biologicznie aktywnych	Seminarium: 15	2	Zaliczenie na ocenę	Przedmioty do wyboru
<b>Suma</b>	<b>140</b>	<b>30</b>		