

Uchwała nr 12/2023
Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego
z dnia 25 kwietnia 2023 r.

w sprawie zmiany programu studiów na studiach stacjonarnych drugiego stopnia na kierunku chemia.

Na podstawie § 38 ust. 1 pkt 2 lit. a Uchwały Nr 102/2019 Senatu Uniwersytetu Wrocławskiego z dnia 29 maja 2019 r. w sprawie uchwalenia Statutu Uniwersytetu Wrocławskiego, Rada Wydziału Chemii postanawia:

§1

Przyjąć zmiany w programie studiów stacjonarnych drugiego stopnia na kierunku chemia określone w załączniku do uchwały.

§2

Zmiany w programie studiów drugiego stopnia na kierunku chemia będą obowiązywały studentów rozpoczynających studia w roku akademickim 2023/2024.

§3

Uchwała wchodzi w życie z dniem podpisania.

Przewodniczący Rady Wydziału Chemii UWr
Dziekan: **dr hab. Sławomir Berski, prof. UWr**

**PROGRAM STUDIÓW/STUDY
PROGRAM**

Nazwa kierunku studiów: **Chemia, Chemistry**

Poziom studiów: **Studia drugiego stopnia/ second-cycle studies**

Poziom kwalifikacji: **poziom 7 Polskiej Ramy Kwalifikacji/level 7 of the Polish Qualifications Framework**

Profil kształcenia: **ogólnoakademicki**

Nazwa wydziału: **Wydział Chemii/Faculty of Chemistry**

1. Przyporządkowanie kierunku studiów do dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, w których prowadzony jest kierunek studiów./Attribution of the field of study to the fields of science and scientific disciplines.

Dziedzina nauki/Field of science	Dyscyplina naukowa/ Scientific discipline	Procentowy udział dyscyplin/ Percentage share of the disciplines	Dyscyplina wiodąca (ponad połowa efektów uczenia się)/ Leading discipline (more than half of the learning outcomes)
Nauki ścisłe i przyrodnicze/ Natural sciences	Nauki chemiczne/ Chemical sciences	100 %	Nauki chemiczne/Chemical sciences
Razem:	-	100%	-

**2. Tabela procentowego udziału liczby punktów ECTS w łącznej liczbie punktów ECTS dla każdej z dyscyplin kierunku. /
Table of percentage share of ECTS credits between the disciplines.**

Dziedzina nauki	Dyscyplina naukowa	Procentowy udział liczby punktów ECTS w łącznej liczbie punktów ECTS dla każdej z dyscyplin/ Percentage share of ECTS credits between the disciplines
Nauki ścisłe i przyrodnicze/ Natural sciences	Nauki chemiczne/Chemical sciences	100%

3. Informacje ogólne o programie studiów. /General information of the curriculum.

Liczba semestrów/Number of semesters	4
Liczba punktów ECTS wymagana do ukończenia studiów na danym poziomie/Number of ECTS credits required to complete the studies	120
Tytuł zawodowy nadawany absolwentom/Degree awarded to graduates	Magister
Forma studiów/Form of the studies	Stacjonarne/Full-time studies
Kod ISCED/ISCED code	0531
Liczba punktów ECTS obejmująca zajęcia do wyboru/ Number of ECTS credits within elective courses	57/63*
Łączna liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia/Total number of ECTS credits to be gained within courses led by academic teachers or other instructors	120
Liczba punktów ECTS w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych (nie mniej niż 5 ECTS)/ Number of ECTS credits to be gained within courses in the field of humanities and/or social sciences (not less than 5 ECTS)	5
Liczba punktów ECTS w ramach zajęć z lektoratu języka obcego lub lektoratu języka polskiego/Number of ECTS credits to be gained within foreign language course and/or Polish courses	4 – lektorat języka nowożytnego / Language course, 5 – lektorat języka polskiego dla cudzoziemców / Polish course for foreigners
Łączna liczba godzin realizowanych na kierunku/ Total number of class hours	799/939*
Wymiar, liczba punktów ECTS, zasady i forma odbywania praktyk zawodowych/Number of hours, number of ECTS credits, rules and form of professional practice	nie dotyczy/not applicable

*63- Advances Synthesis in chemistry, 57 - other specialties

*939 - Advances Synthesis in chemistry, 799 - other specialties

4. Opis efektów uczenia się zdefiniowanych dla programów studiów w odniesieniu do charakterystyk drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji (PRK) dla kwalifikacji na poziomie 7./ Description of learning outcomes defined for the curriculum in relations to the second-cycle characteristics of the Polish Qualifications Framework (PQF) for qualifications at level 7.

Symbol efektu uczenia się dla programu studiów Symbol of the learning outcome for the curriculum	Efekty uczenia się dla kierunku studiów/Lerning outcomes for the field of study Po ukończeniu studiów drugiego stopnia na kierunku Chemia , absolwent uzyska efekty uczenia się w zakresie:/ The graduate of the Master's program in Chemistry ,	Odniesienie do charakterystyk drugiego stopnia PRK (kody) Reference to second-cycle characteristics of PQF
WIEDZA/KNOWLEDGE		
K_W01	posiada pogłębioną wiedzę w zakresie chemii, zna koncepcje i teorie chemiczne i ich znaczenie dla rozwoju nauk ścisłych possesses extended knowledge of chemistry, knows chemical concepts and theories, and their importance in the development of science	P7S_WG
K_W02	posiada wiedzę z matematyki wyższej, opisuje i analizuje zjawiska fizyczne i procesy chemiczne o średnim poziomie złożoności is in possession of mathematical knowledge required to understand and describe physical and chemical phenomena of medium complexity	P7S_WG
K_W03	dysponuje pogłębioną wiedzą z zakresu metod eksperymentalnych i obliczeniowych umożliwiających rozwiązywanie problemów chemicznych is in possession of extended knowledge of experimental and numerical methods used in chemistry	P7S_WG
K_W04	zna techniki informatyczne i metody obliczeniowe stosowane do analizy problemów z obszaru chemii knows the theoretical background of calculations and IT methods used in solving typical chemical problems	P7S_WG
K_W05	dysponuje poszerzoną wiedzą w zakresie budowy, funkcjonowania i zastosowania wybranej aparatury kontrolno-pomiarowej has an in-depth knowledge of the theoretical background of functioning of scientific instruments used in chemistry	P7S_WG
K_W06	zna najnowsze odkrycia i aktualne trendy rozwoju w zakresie nauk chemicznych is in possession of general knowledge of current trends and discoveries in chemistry	P7S_WG
K_W07	posiada aktualną wiedzę z zakresu zasad bezpiecznej pracy w stopniu umożliwiającym odpowiedzialne stosowanie nabytej wiedzy w praktyce zawodowej knows the occupational safety rules sufficiently enough to be able to work as an independent researcher or analyst	P7S_WK

K_W08	zna aktualne aspekty prawne i etyczne związane z działalnością zawodową possesses basic knowledge of legal and ethical regulations related to science and education	P7S_WK
K_W09	rozumie zasady i aspekty prawne związane ochroną własności przemysłowej i zna system informacji patentowej knows the basic concepts and regulations of industrial and intellectual property protection and uses patent information resources	P7S_WK
K_W10	zna podstawowe zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości, z uwzględnieniem obszaru nowoczesnych technologii knows the principles of creating and developing forms of individual entrepreneurship, including the branch of modern technologies	P7S_WK
K_W11	zna zasady tworzenia form indywidualnego rozwoju zawodowego w branży chemicznej knows the rules of creation and is able to plan the form of individual professional development in the chemical industry	P7S_WK
K_W12	ma rozszerzoną wiedzę o człowieku jako twórcy kultury, pogłębioną w odniesieniu do wybranych obszarów aktywności człowieka, zna fundamentalne dylematy współczesnej cywilizacji has extended knowledge about man as a creator of culture, deepened in relation to selected areas of human activity, knows the dilemmas of modern civilization	P7S_WK
UMIEJĘTNOŚCI/SKILLS		
K_U01	potrafi planować i wykonać badania eksperymentalne do analizy i rozwiązywania problemów chemicznych. is able to plan and carry out experimental research to analyse and solve chemical problems	P7S_UW
K_U02	potrafi stosować zdobytą wiedzę do opisu i oceny wyników badań i procesów chemicznych is able to use acquired knowledge to describe and evaluate the results of research and chemical processes.	P7S_UW
K_U03	potrafi posługiwać się odpowiednimi bazami danych i literaturą specjalistyczną w celu poszukiwania i weryfikacji informacji naukowych w obszarze chemii is able to use appropriate databases and specialist literature to search for and verify scientific information in the field of chemistry	P7S_UW
K_U04	potrafi interdyscyplinarnie stosować zdobytą wiedzę z obszaru chemii is able to apply the acquired chemical knowledge in other areas of science	P7S_UW
K_U05	przedstawia w sposób zaawansowany wyniki i analizę badań, dyskutuje aktualne zagadnienia z obszaru chemii w języku polskim i angielskim presents, in advanced manner, results and analysis of research, discusses current issues in the field of chemistry forms in Polish and English	P7S_UK

K_U06	posiada umiejętność opracowania i prezentacji aktualnych zagadnień z zakresu chemii, komunikuje się z różnymi grupami odbiorców has the ability to develop and present current issues in the field of chemistry, communicates with various audiences	P7S_UK
K_U07	posługuje się językiem obcym na poziomie B2+ określonym dla Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego Presents language skills described by B2+ specifications of Common European Framework of Reference (CEFR)	P7S_UK
K_U08	rozumie potrzebę ciągłego podnoszenia kompetencji zawodowych i korzystania ze źródeł informacji naukowej, potrafi organizować proces uczenia się understands the need for continuous education and professional development, understands the need to systematically follow the professional literature to broaden the knowledge, is able to organize the learning process	P7S_UU
K_U09	posiada umiejętność organizowania pracy zespołowej i realizacji powierzonych zadań indywidualnych i grupowych has the ability to organize teamwork and completed assigned individual and group tasks	P7S_UO
KOMPETENCJE SPOŁECZNE/SOCIAL COMPETENCIES		
K_K01	jest gotów do rozwiązywania problemów związanych z pracą zawodową, inicjowania działań na rzecz interesu publicznego is ready to solve problems related to professional work, to initiate activities in the public interest	P7S_KO
K_K02	jest krytyczny wobec posiadanej wiedzy, promuje postawę naukową, odróżnia teorie naukowe od poglądów pseudonaukowych is critical of the knowledge possessed, promotes a scientific attitude, distinguishes scientific theories from pseudo-scientific views	P7S_KK
K_K03	jest gotów do odpowiedzialnego pełnienia ról zawodowych przestrzegania zasad etyki zawodowej i rozwijania dorobku zawodu w zakresie chemii is ready to perform professional roles, responsibility and the rules of professional ethics and developing the achievements of the profession related to the field of chemistry	P7S_KR
K_K04	planuje rozwój zawodowy, działa w sposób przedsiębiorczy plans professional development in an entrepreneurial way	P7S_KO

5. Treści programowe. Efekty uczenia się dla przedmiotów. /Course content. Learning outcomes assigned to courses.

l.p.	Przedmiot/ Course	Treści programowe Course content	Efekty uczenia się dla przedmiotu Learning outcomes for the course
1.	Zaawansowane metody eksperymentalne	UV-Vis, CD (Spektroskopia w zakresie światła widzialnego oraz bliskiego nadfioletu, dichroizm kołowy); IR/Raman (Spektroskopia w podczerwieni, Ramana); metody magnetyczne; NMR (Spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego); EPR (spektroskopia elektronowego rezonansu paramagnetycznego); metody elektrochemiczne; MS (spektrometria mas); metody chromatograficzne; metody termochemiczne; spektroskopia dielektryczna; mikroskopia SEM i TEM (mikroskopia elektronowa skanningowa i transmisyjna).	K_W01, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U05, K_K03,
2.	Metody komputerowe w chemii II	Numeryczna analiza danych: macierze, wyznaczniki, układy równań liniowych (cramerowskich oraz nadmiarowych); równania nieliniowe; interpolacja wielomianowa; aproksymacja średniokwadratowa (wielomianowa oraz za pomocą funkcji dowolnej postaci); numeryczne obliczanie pochodnych; całkowanie numeryczne; minimalizacja funkcji jednej i wielu zmiennych; wektory i wartości własne macierzy. Statystyczna analiza danych: wstępna analiza danych, statystyka opisowa; techniki wnioskowania statystycznego; analiza wariancji; podstawy korelacji i regresji (w tym wielorakiej); analiza błędów; statystyczne podstawy planowania doświadczeń.	K_W02, K_W03, K_W04, K_U05
3.	Specjalność chemia fizyczna: Praktyczne i teoretyczne podstawy pomiarów fizykochemicznych	Podstawowe prawa i zastosowania elektrochemii, nazewnictwo. Podstawy teoretyczne, symulacja/modelowanie procesów elektrodowych. Nowe materiały elektrodowe i elektrolity – wprowadzenie do elektrochemii nowych materiałów. Polaryzacja dielektryka w ujęciu makroskopowym i mikroskopowym. Model Debye'a-Langevina. Modele pól lokalnych. Równania Debye'a, Onsagera, Kirkwooda - Fröhlicha. Techniki pomiarów momentów dipolowych, związek między momentami dipolowymi a strukturą i oddziaływaniami międzycząsteczkowymi. Wpływ silnego pola elektrycznego na przenikalność elektryczną - teoria i praktyka nieliniowego efektu dielektrycznego. Relaksacja dielektryczna w cieczach. Techniki pomiaru zespolonej przenikalności elektrycznej; metody statyczne, dynamiczne, analiza fourierowska, metoda time-domain. Empiryczne parametry polarnośći rozpuszczalników. Termodynamika procesów solwatacji. Wpływ środowiska na stan równowagi chemicznej – tworzenie kompleksów molekularnych, samoasocjacja, izomeria rotacyjna, tautomeria, jonizacja i dysocjacja elektrolityczna. Efekty rozpuszczalnikowe w spektroskopii molekularnej i elektrochemii. Ciecze jonowe i rozpuszczalniki nadkrytyczne. Solваты. Nanomateriały; klasyfikacja, oddziaływania molekularne w materiałach, biosensory.	K_W03, K_W04, K_W05, K_U02, K_U05
4.	Specjalność: chemia organiczna Współczesna synteza organiczna - teoria i praktyka	Znaczenie syntezy organicznej we współczesnej chemii i przemyśle chemicznym. Typy transformacji w chemii organicznej. Reakcje utlenienia i redukcji w chemii organicznej. Reagenty i ich zastosowanie. Metody rozbudowy szkieletu węglowego. Reakcje typu kondensacji aldolowej, reakcje z karboanionami, reakcje sprzęgania (katalityczne, utleniające i reduktywne). Metody syntezy struktur jedno i wielopierścieniowych. Metody syntezy heterocykli i makrocycyli. Strategia i planowanie syntezy. Analiza retrosyntetyczna, syntony, umpolung. Wykorzystanie metod analitycznych w procesie wieloetapowej syntezy. Standardy publikacyjne. Zaawansowane techniki	K_W01, K_W03, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_K02, K_K03, K_K04, K_K05,

		laboratoryjne w chemii organicznej. Współczesna preparatyka organiczna: Informacja naukowa w chemii organicznej i jej użyteczność w syntezie. Bezpieczeństwo w laboratorium chemii organicznej. Prowadzenie notatek i dokumentacji. Sprzęt laboratoryjny stosowany w nowoczesnym laboratorium chemii organicznej. Prowadzenie reakcji chemicznych. Wyodrębnianie i oczyszczanie produktów reakcji. Techniki próżniowe i destylacja próżniowa. Praca w atmosferze kontrolowanej i w warunkach bezwodnych. Komora rękawicowa. Oczyszczanie rozpuszczalników i odczynników. Podstawowe i zaawansowane techniki chromatograficzne stosowane do identyfikacji i wydzielania produktów syntez organicznych. Specjalne techniki reakcyjne. Wizualizacja danych eksperymentalnych. Techniki laboratoryjne: Przygotowanie reagentów i rozpuszczalników, niezbędne do dalszej pracy w ramach pracowni: przeprowadzenie destylacji przy ograniczonym dostępie wilgoci i tlenu. Synteza na mikroskalę. Prowadzenie syntezy przez noc, także we wrzącym rozpuszczalniku. Synteza przy ograniczonym dostępie wilgoci i tlenu. Prowadzenie syntezy w niskich temperaturach. Prowadzenie syntezy wieloetapowej bez wydzielania produktów pośrednich. Izolacja produktu z mieszaniny zawierającej bardzo reaktywne związki. Wydzielanie produktów syntezy na drodze destylacji, krystalizacji i chromatografii. Praca na linii próżniowej. Usuwanie wysokowrzących reagentów za pomocą wysokiej próżni. Destylacja próżniowa (w tym frakcyjna) oraz typu „bulb-to-bulb”. Synteza na nośniku stałym. Pokazowe ćwiczenia z: preparatywnej chromatografii HPLC, syntezy fotochemicznej oraz syntezy z użyciem mikrofal.	
5.	Specjalność: chemia nieorganiczna i kataliza Związki metali przejściowych w katalizie	Podstawowe pojęcia z zakresu katalizy. Kataliza homogeniczna, heterogeniczna i nanokataliza. Zastosowanie reakcji katalitycznych w przemyśle i syntezie farmaceutyków. Elementarne etapy reakcji katalitycznych i cykl katalityczny. Budowa i właściwości kompleksów karbonylowych metali przejściowych i ich zastosowanie w katalizie. Budowa i reaktywność katalityczna kompleksów wodorkowych metali przejściowych. Reakcje katalityczne z udziałem ditlenu i ditlenku węgla. Mechanizmy reakcji katalizowanych przez kompleksy metali. Katalizatory immobilizowane i nanocząstkowe. Nieorganiczna chemia supramolekularna. Rola wiązania koordynacyjnego w tworzeniu struktur supramolekularnych, kompleksy makrocycliczne, selektywne wiązanie kationów i anionów, samoorganizacja kompleksów metali. Supramolekularne aspekty chemii bionieorganicznej, materiały optyczne i magnetyczne, elektronika molekularna, czujniki chemiczne. Katalizatory supramolekularne.	K_W01, K_W03, K_W06, K_W07, K_U01, K_U02, K_U05,
6.	Specjalność: analityka instrumentalna Analityka Instrumentalna I	I Spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego NMR: Aspekty praktyczne: przygotowanie próbki – dobór rozpuszczalnika, temperatury pomiaru, wzorce przesunięcia chemicznego. Dobór parametrów akwizycji i obróbki danych; obróbka komputerowa widm NMR. Parametry widm NMR. Aspekt ilościowy spektroskopii NMR, interpretacja widm mieszanin. Widma 2-wymiarowe (COSY, NOESY, TOCSY). Spektroskopia NMR różnych jąder. Relaksacja jądrowa, pomiar czasów relaksacji i inne techniki wieloimpulsowe (2D). Odsprężanie, jądrowy efekt Overhausera. Wymiana chemiczna, obliczanie parametrów kinetycznych i termodynamicznych na danych NMR. II Spektroskopia elektronowego rezonansu paramagnetycznego EPR: Operatorowo-wektorowy opis EPR najważniejszych oddziaływań (hamiltonian spinowy). Zasady spektroskopii fali ciągłej EPR. Rezonans magnetyczny: niesparowanych elektronów – tensor g (EPR), niesparowanych elektronów oddziałujących z jądrami –tensor A (EPR), niesparowanych elektronów oddziałujących wzajemnie –tensor D (EPR). Czułość detekcji EPR oraz metody jej zwiększania. Izotropia i anizotropia tensorów g, A i D. Zasady interpretacji widm EPR: widma centrów paramagnetycznych w roztworach ciekłych i stałych, w proszkach i kryształach, w ośrodkach wywołujących pośredni stopień immobilizacji. III. Metody chromatograficzne: Podział i charakterystyka poszczególnych technik	K_W01, K_W03, K_W04, K_W05, K_W06, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U06, K_K02, K_K05,

		<p>chromatograficznych z uwzględnieniem technik SPE, HPLC i GC, stosowanych w analityce. Wpływ ważniejszych parametrów układu oraz warunków rozdzielania na retencję. Zasada doboru odpowiednich detektorów i kolumn w analityce. Specjalne techniki chromatograficzne, stosowane w analizie materiałów biologicznych, próbek środowiskowych, leków i żywności (derywatyzacja, head-space, połączenie z metodami ekstrakcyjnymi itd.). Dyskusja ze studentami na temat doboru technik chromatograficznych, detektorów i kolumn oraz parametrów procesu, uwzględniając specyfikę i właściwości fizyko-chemiczne składników mieszanin na różnych przykładach, interpretacja chromatogramów i obliczenia.</p> <p>IV. Elektronowa spektroskopia atomowa oraz spektroskopia promieniowania rentgenowskiego: Podstawy spektroskopii atomowej - oddziaływanie promieniowania z materią, termy atomowe, reguły wyboru, efekt Zeemana. Atomowa spektroskopia absorpcyjna - podstawy fizyczne i podstawowe pojęcia, technika generowania wodorków i zimnych par rtęci, atomizery elektrotermiczne, interferencje i sposoby ich eliminacji. Atomowa spektroskopia emisyjna - metody analityczne wykorzystujące emisję promieniowania, źródła wzbudzenia, AES z wykorzystaniem lampy jarzeniowej, atomowa spektroskopia fluorescencyjna. Wzbudzenie w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-AES). Lasery - podstawy działania i zastosowanie w spektroskopii atomowej. Fluorescencyjna analiza rentgenowska - podstawy fizyczne, WDXRF, EDXRF, metoda całkowitego odbicia, metoda μ-XRF, zastosowania analityczne.</p> <p>V. Elektronowa spektroskopia molekularna: Absorpcja i emisja promieniowania UV-vis a struktura cząsteczki. Klasyfikacja przejść elektronowych. Reguły wyboru. Charakterystyka elektronowych widm absorpcyjnych i emisyjnych. Prawa absorpcji, natężenie promieniowania emitowanego. Techniki oznaczeń ilościowych. Wykorzystanie znaczników fluorescencyjnych oraz spektroskopii czasowo-rozdzielczej w diagnostyce medycznej. Fosforescencyjna spektroskopia cząsteczkowa. Metody chemiluminescencyjne.</p>	
7.	Specjalność: chemia materiałów dla nowoczesnych technologii Zastosowania materiałów chemicznych	<p>Omówienie właściwości materiałów ferroicznych (głównie ferroelektryków i ferroelastyków). Przedstawienie głównych metod badawczych do charakteryzowania kryształów ferroicznych. Opis teoretyczny związany z energią swobodną kryształów - model Landaua-Ginzburga. Opis tensorowy. Omówienie właściwości nieliniowych kryształów ferroelektrycznych. Katalizatory metaloorganiczne w zastosowaniu syntezy materiałów organicznych. Typy katalizatorów, układy, w których są stosowane, ich projektowanie i zastosowania nanomateriałów. Spektroskopię elektronową jako narzędzie do badania właściwości różnorodnych materiałów luminoforowych: monokryształów, proszków, ceramicznych spieków, szkielek, układów warstwowych. Analiza widm absorpcji i emisji. Techniki badawcze, np. spektroskopia rozdzielcza czasowo oraz pomiary czasu zaniku luminescencji. Praktyczne zastosowania luminoforów i przy tej okazji analizuje aktualne kierunki badawcze, istotne z punktu widzenia chemika. Spektroskopia EPR ciała stałego - możliwości jej wykorzystania dla charakteryzowania i wyjaśnienia właściwości materiałów. Otrzymywaniu i wykorzystanie materiałów miękkich, takich jak polimery, ciekłe kryształy, układy supramolekularne. Metody otrzymywania ciekłych kryształów oraz współczesne dziedziny ich wykorzystania. Zastosowanie metod dielektrycznych do badań ciała stałego. Relaksacja dielektryczna w monokryształach. Efekt piroelektryczny w monokryształach siarczynu tri glicyny. Obserwacja i analiza pętli histerezy dielektrycznej. Obserwacja domen ferroelastycznych. Elementy syntezy materiałów optycznych. Synteza zol-żel. Badania spektroskopowe materiałów.</p>	K_W01, K_W03, K_W05, K_U02, K_U03,
8.	Specjalność chemia fizyczna: Zastosowane techniki	<p>Wpływ silnego pola elektrycznego na przenikalność elektryczną substancji w fazie stałej - teoria i praktyka nieliniowego efektu dielektrycznego. Modele relaksacji w fazach skondensowanych. Relaksacja dielektryczna w ciałach stałych. Techniki pomiaru zespolonej przenikalności</p>	K_W03, K_W04, K_W05, K_U02,

	pomiarów fizykochemicznych	elektrycznej; metody statyczne, dynamiczne, analiza fourierowska. Termodynamika przemian fazowych. Nieliniowość elektryczna i optyczna materii. Klasyfikacja materiałów o właściwościach nieliniowych elektrycznych. Przemiany fazowe ferroiczne – multiferroiczność, możliwości aplikacyjne. Chiralność a właściwości nieliniowe substancji. Klasyfikacje oddziaływań międzycząsteczkowych. Mięka materia. Ciekłe kryształy, klasyfikacje, właściwości, synteza. Metody pomiarowe stosowane we współczesnych laboratoriach analitycznych, naukowych i przemysłowych: Chronopotencjometria, Chronoamperometria, Cykliczna voltametria, Elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna. Spektroskopia dielektryczna, Pomiar momentu dipolowego, Nieliniowy efekt dielektryczny w cieczech, Mikroskopia w świetle spolaryzowanym – ferroelastyczność, Pomiar pętli histerezy dielektrycznej, Pomiar liniowej rozszerzalności termicznej kryształów (termomechaniczny analizator), Pomiar średniej masy cząsteczkowej, Widma oscylacyjne a wiązanie wodorowe, Widma IR w świetle spolaryzowanym.	K_U05
9.	Specjalność: chemia organiczna Zaawansowana synteza i analiza spektroskopowa związków organicznych	Techniki analityczne w chemii organicznej: IR: Ocena przebiegu reakcji a widmo IR. Sposób wykonania widma (pastylka KBr, roztwór, ciecz). Drgania charakterystyczne grup funkcyjnych. Praktyczna interpretacja widm IR. Aspekty praktyczne: przygotowanie próbki – dobór rozpuszczalnika, temperatury pomiaru, wzorce. Dobór parametrów akwizycji i obróbki danych; obróbka komputerowa widm NMR. Układy spinowe pierwszego rzędu i wyższych rzędów, chemiczna i magnetyczna równoważność. Techniki impulsowe. Relaksacja jądrowa. Zjawiska dynamiczne w spektroskopii NMR (badania kinetyczne i termodynamiczne). Techniki wieloimpulsowe. Odprężanie. Jądrowy efekt Overhausera. Pomiar czasów relaksacji. Spektroskopia dwuwymiarowa (COSY, NOESY, ROESY, TOCSY, HMQC, HMBC, DOSY). Analiza problemów.MS: Jakie informacje można uzyskać z widma mas substancji chemicznej. Dobór metody jonizacji w zależności od właściwości próbki. Procesy fragmentacji jonów. Tandemowe techniki w spektrometrii mas. Praktyczna interpretacja widm masowych związków organicznych. Spektrometria mas w badaniach ilościowych.Metody Optyczne: Podstawy spektroskopii absorpcyjnej i cechy charakterystyczne widma, spektrofotometria luminescencyjna (fluorescencja, fosforescencja, chemiluminescencja, fotoluminescencja). Synteza, z wykorzystaniem zaawansowanych technik laboratoryjnych, oczyszczanie produktów pośrednich, oczyszczenie i analiza produktu końcowego (NMR, MS, IR). Rozdział i analiza spektroskopowej złożonej mieszaniny syntetycznej związków organicznych.	K_W01, K_W03, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_K02, K_K03, K_K04, K_K05
10.	Specjalność: chemia nieorganiczna i kataliza Struktura i reaktywność związków kompleksowych metali	Podstawy teoretyczne fizykochemii nieorganicznej. Teoria orbitali molekularnych, teoria pola krystalicznego, podstawowe właściwości spektroskopowe i magnetyczne kompleksów w oparciu o teorię grup. Widma absorpcyjne, emisyjne i prawa absorpcji. Elektronowa spektroskopia absorpcyjna i emisyjna oraz spektroskopia elektronowego rezonansu jądrowego i ich zastosowania analityczne. Nieorganiczna chemia supramolekularna. Rola wiązania koordynacyjnego w tworzeniu struktur supramolekularnych, kompleksy makrocykliczne, selektywne wiązanie kationów i anionów, samoorganizacja kompleksów metali. Supramolekularne aspekty chemii bionieorganicznej, materiały optyczne i magnetyczne, elektronika molekularna, czujniki chemiczne. Nieorganiczno-organiczne polimery hybrydowe. Idea węzła i łącznika w polimerze koordynacyjnym. Podstawowe grupy polimerów koordynacyjnych. Struktury zeolitowe oraz ich analogi nieorganiczno-organiczne. Kowalencyjne materiały porowate. Podejście izoretikularne w projektowaniu polimerów koordynacyjnych. Synteza solwotermalna i mechanochemiczna. Topologia i izomeria w sieciach polimerów koordynacyjnych. Opis porowatości w ujęciu teoretycznym i eksperymentalnym. Elastyczne i dynamiczne sieci koordynacyjne. Sorpcja i separacja gazów i par w materiałach porowatych. Ciepło adsorpcji. Materiały porowate w katalizie.	K_W01, K_W03, K_W06, K_W07, K_U01, K_U02, K_U05,

		Polimery koordynacyjne jako nośniki leków. Materiały elektroaktywne. Projekt badawczy obejmujący syntezę związków kompleksowych, badania strukturalne i badania reaktywności.	
11.	Specjalność: analityka instrumentalna Analityka Instrumentalna II	I. Spektroskopia oscylacyjna: Cechy charakterystyczne widm w fazie gazowej, ciekłej i stałej. Zastosowanie techniki refleksyjnych (REFL., ATR, DRIFT) i mikroskopii w podczerwieni w badaniach analitycznych. Spektroskopia Ramana i rezonansowa spektroskopia Ramana jako narzędzie badań układów biologicznych. Spektroskopia ramanowska próbek zaadsorbowanych na powierzchni (SERS) oraz mikroskopia ramanowska i ich zastosowanie w analizie. II. Metody elektrochemiczne: Podstawy podziału metod elektrochemicznych. Koncepcja i zastosowania spektroelektrochemii oraz innych metod hybrydowych. Zastosowanie metod woltamperometrycznych (woltametria cykliczna, woltametria z falą prostokątną) do oznaczeń analitycznych. Metody elektrochemiczne stosowane w analizie śladowej (metody różnicowe impulsowe, anodowa i katodowa woltamperometria inwersyjna). Elektrody jonoselektywne, enzymatyczne, czujniki gazowe i biosensory-budowa i zastosowanie. Biosensory elektrochemiczne do oznaczania stężenie glukozy. Metodyka pomiarów elektroanalitycznych oraz analizy danych. III. Elementy chemometrii: Podstawowe pojęcia w eksploracji danych: wielowymiarowość, obiekt, obiekt odstający, zmienna objaśniająca. Macierz kowariancji. Ortogonalność i ortogonalność wektorów. Wstępna obróbka danych. Centrowanie, autoskalowanie. Metoda czynników głównych. Czynniki głównych, wartości czynnikowe, ładunki czynnikowe. Algorytm SVD. Regresja jednokrotna, wieloraka, wieloparametrowa. Klasyfikacja a kalibracja. Dwuwymiarowa analiza korelacyjna. Widmo mocy. Mapa synchroniczna. Mapa asynchroniczna.	K_W01, K_W03, K_W04, K_W05, K_W06, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_U05, K_U06, K_K02, K_K05,
12.	Specjalność: chemia materiałów dla nowoczesnych technologii Wybrane zagadnienia z fizyki i chemii ciała stałego. Własności materiałów i metody badawcze	Dynamika sieci krystalicznej. Półprzewodniki – rodzaje i charakterystyka, model pasmowy ciała stałego. Metody otrzymywania i oczyszczania monokryształów. Wybrane elektroniczne elementy półprzewodnikowe. Dielektryki i ferroelektryki, ferroiki. Nadprzewodnictwo. Ciała niekrystaliczne, defekty, fizyka powierzchni. NMR ciała stałego. Molekularne i nanocząstkowe katalizatory reakcji organicznych. Metody identyfikacji magnetyków. Metody syntezy luminoforów i materiałów ceramicznych. Historia badań nad materiałami luminescencyjnymi. Proces luminescencji, jego parametry i techniki analizy. Metody badań strukturalnych materiałów nanorozmiarowych. Metody dyfraktometryczne. Mikroskopia elektronowa transmisyjna i skaningowa. Analiza składu luminoforu technikami elektronowymi. Proponowane tematy prezentacji: metamateriały, nowe metody diagnostyczne w medycynie, materiały protetyczne, krwiozastępcze i sztuczna skóra, technologia nośników informacji, technologie półprzewodnikowe, metody synchrotronowe i rozpraszania neutronów, paliwa odnawialne, ogniwa paliwowe, energetyka nuklearna itp. oraz zebranie literatury oraz opracowanie w formie pisemnej na zadany temat.	K_W01, K_W03, K_W05, K_U02, K_U03,
13.	Komunikacja wizerunkowa	Definicja proces komunikowania: wyznaczniki pragmatyczne, strukturalne, językowe. Typologia komunikacji – komunikowanie interpersonalne bezpośrednie, medialne, komunikowanie interpersonalne pośrednie. Komunikowanie werbalne i niewerbalne - strategie komunikacyjne. Komunikowanie informacyjne oraz perswazyjne. Tekst jako akt komunikacji, relacja: tekst a dyskurs, tekst a styl, tekst a język, tekst a gatunek. Dyskursywny i językowy obraz świata. Wyznaczniki tekstu jako zdarzenia komunikacyjnego. Teksty wizerunkowe w dyskursie publicznym. Wizerunek jako instrument zarządzania obrazem świata. Struktura logiczna i retoryczna tekstu. Schematy argumentacji. Warsztaty w redagowaniu tekstów. Obraz świata utrwalony w tekstach intencjonalnie perswazyjnych. Język i styl tekstów intencjonalnie perswazyjnych.	K_W11

14.	Nauka a popnauka w dyskursie medialnym	Teoria stylów i kolektywów myślowych Ludwika Flecka (I) – zarys teorii. Teoria stylów i kolektywów myślowych Ludwika Flecka (II) – myślenie potoczne. Jak konstruuje się autorytet naukowy (przykład medioznawcy W. Godzica). Nauka jako show. Dominujący model mediów (szkoła z Birmingham). Propaganda scjentyistyczna. Projekcja „Genialnych”. Kto tworzy naukę? Potoczny obraz naukowca jako geniusza. Znachorzy i szeptuchy: wczoraj a dzisiaj. Analiza wybranych materiałów prasowych (np. „Porady babuni”). Zakazana psychologia oraz neurobiologiczne pranie mózgow. Kim jest ekspert? Kultura ekspertów na przykładzie coachingu oraz wybranych fragmentów telewizji śniadaniowej. Jaki obraz nauki tworzy kino? I jakie ma to konsekwencje... Czy ADHD istnieje? Kontrowersje medyczne. Nauka skorumpowana. Nauka a wielkie koncerty. Czy w przeszłości odwiedzali nas kosmici? To pewne, a dzisiaj?	K_W11
15.	Biospektroskopia oscylacyjna	Spektroskopia w podczerwieni w badaniu struktur białek, lipidów, kwasów nukleinowych i cukrów. Spektroskopowe techniki pomiarowe stosowane do badania układów biologicznych w zakresie podczerwieni. Wpływ czynników zewnętrznych (temperatury, pH, składu rozpuszczalnika, stopnia uwodnienia, podstawienia izotopowego H/D, itd.) na właściwości strukturalne biomolekuł. Analiza czynników głównych danych spektralnych bioukładów. Badanie techniką FTIR-ATR liposomowych struktur błon lipidowych: analiza stanu konformacyjnego części hydrofobowej błony, stopnia uwodnienia części polarnej i interfazy błony. Wpływ wybranego związku o aktywności biologicznej na strukturę błon lipidowych. Analiza wybranych pasm lipidowych będących markerami struktury błon lipidowych. Badanie transmisyjną techniką FITR struktur wybranych polipeptydów i/lub białek. Analiza pasm amidowych w kontekście struktury II-rzędowej białek. Chemometryczna analiza oparta na metodzie analizy czynników głównych, z ang. Principal Component Analysis (PCA), widm FTIR-ATR uwodnionych błon lipidowych otrzymanych w funkcji wzrastającej temperatury.	K_W01, K_U01, K_U02,
16.	Chemia kryminalistyczna Forensic chemistry	Chemia kryminalistyczna – historia i rozwój. Metody analityczne stosowane w chemii kryminalistycznej. Pojęcie i definicja „ślądu materialnego”. Substancje toksyczne i produkty ich przemian metabolicznych. Wykrywanie i identyfikacja substancji psychoaktywnych. Metody badania odcisków palców i śladów pochodzenia biologicznego. Metody badania śladów i pozostałości po użyciu broni palnej i materiałów wybuchowych, problem terroryzmu. Techniczne badanie dokumentów tzw. przestępstwa „białych kołnierzyków”. Problemy oznaczania wieku środków kryjących na dokumentach. Metody badania podpaleń i skutków pożarów. Raportowanie wyników analiz kryminalistycznych. Praktyczne zastosowanie metod chemicznych w analizie materiału dowodowego. Ocena wiarygodności uzyskanych wyników. Lecture: Forensic chemistry: history and methods. Analytical methods in forensic chemistry. Material evidence and biological traces. Toxic substances and their metabolism. Detection and identification of psychoactive substances. Fingerprints, blood traces, analysis of hair and fibers. GSR and arson analysis. Forensic analysis of documents. Seminar: Discussion of forensic cases and suitability of method selection Laboratory: Analysis of forensic samples. Reporting results and discussing quality of data.	K_W01, K_W03, K_W07, K_W08, K_U01, K_U02, K_U03, K_U05, K_K01, K_K02, K_K05
17.	Chemia w archeologii i sztuce	Metodologia badań obiektów archeologicznych i dzieł sztuki stosowana w chemii konserwatorskiej. Metody i techniki fizykochemiczne (spektroskopia w podczerwieni, Ramana, ATR, XRD, XRF, SEM-EDX, UV-VIS, radiografia cyfrowa i inne) stosowane w badaniach obiektów zabytkowych: materiałów malarskich takich jak pigmenty, barwniki i spoiwa; ceramiki i historycznych materiałów budowlanych; materiałów rękopiśmienniczych i papieru; metali i stopów; żywic naturalnych; drewna; minerałów; materiałów stosowanych w konserwacji. Procesy degradacji materiałów	K_W01, K_W04, K_W05, K_U01, K_U02, K_U03, K_U05, K_U07, K_K01, K_K02, K_K05

		zabytkowych. Zagadnienia dotyczące badania autentyczności obiektów zabytkowych. Metody datowania obiektów zabytkowych (np. dendrochronologia, metody izotopowe, termoluminescencja, datowanie C14). Identyfikacja pochodzenia obiektów archeologicznych za pomocą badań fizykochemicznych. Badania pochodzenia minerałów i kamieni szlachetnych. Synteza historycznych pigmentów i farb. Opracowanie testów identyfikacyjnych dla otrzymanych farb oraz spoiw w oparciu o metody analizy jakościowej. Identyfikacja nieznanymi pigmentów i spoiw w oparciu o metody analizy jakościowej i spektroskopii Ramana. Identyfikacja materiałów zabytkowych za pomocą technik spektroskopowych – spektroskopia podczerwona, ATR, spektroskopia Ramana, SEM-EDS. Zapoznanie z zagadnieniami prawnymi i etycznymi związanymi z badaniami z zakresu chemii konserwatorskiej. Doskonalenie umiejętności pisania sprawozdań i opracowania danych uzyskanych z przeprowadzonych badań oraz poszukiwania informacji naukowej.	
18.	Chemometria	Matematyczne podstawy chemometrii. Klasyfikacja metod chemometrycznych. Podstawy wybranych metod chemometrycznych. Analiza głównych składowych (PCA). Wielowymiarowy rozkład krzywych (MCR). Metoda częściowych najmniejszych kwadratów (PLS). Sieci neuronowe (NN). Wstępna obróbka i przygotowanie danych do analizy chemometrycznej. Praktyczna analiza wielowymiarowych danych: analiza głównych składowych (PCA), wielowymiarowy rozkład krzywych (MCR), metoda cząstkowych najmniejszych kwadratów (PLS), sieci neuronowe (NN).	K_W03, K_W04, K_U02, K_U05,
19.	Fotochemia stosowana	Reakcje termiczne a reakcje indukowane przez światło. Typy reakcji fotochemicznych. Podstawowe prawa i pojęcia fotochemii. Wydajność kwantowa procesów fotochemicznych. Tworzenie i zanik elektronowych stanów wzbudzonych. Mechanizmy przekazywania energii. Źródła promieniowania stosowane w fotochemii. Metody badania reakcji fotochemicznych i ich wydajności. Procesy fotopolimeryzacji. Fotoinicjatory. Typy fotopolimeryzacji i ich przykłady. Fotochromizm i jego przykłady. Zastosowanie materiałów fotochromowych. Szkła fotochromowe i materiały maskujące. Fotochemia stosowana w medycynie. Oddziaływanie promieniowania z biomateriałami. Fotochemiczne dozowanie i kierowanie leków. Terapia i diagnostyka fotodynamiczna (PDT, PDD). Biofizyczne podstawy PDT i PDD. Fotouczulacze stosowane w terapii fotodynamicznej. Przykłady reakcji fotochemicznych w chemii organicznej oraz ich znaczenie praktyczne. Słońce jako proekologiczne źródło energii. Ogniwa fotowoltaiczne. Fotochemiczne otrzymywanie nanocząstek metali. Dobór odpowiednich źródeł światła do prowadzenia procesów fotochemicznych. Badania kinetyki wybranych reakcji fotochemicznych. Otrzymywanie filtrów fotochromowych i obserwacja zmian ich właściwości optycznych pod wpływem radiacji słonecznej i sztucznej. Określenie optymalnych warunków syntezy fotochemicznej nanocząstek złota i srebra ze złomu elektronicznego. Zastosowanie reakcji fotopolimeryzacji w procesach odwzorowywania obrazów (obwodów drukowanych).	K_W01, K_W03, K_W06, K_U01, K_U02, K_U03, K_U04, K_K02, K_K03, K_K06
20.	Kataliza w ochronie środowiska	Zjawisko katalizy, podział procesów katalitycznych, aktywność i selektywność katalizatorów, kataliza homo- i heterogeniczna, potencjalne możliwości zastosowań w ochronie środowiska, zalety i wady katalizatorów homo- i heterogenicznych, przykłady zastosowania katalizy heterogenicznej i enzymatycznej w zastosowaniu w procesach przyjaznych dla środowiska). Metody prowadzenia reakcji katalitycznych. Zapobieganie nadmiernym stężeniom substancji szkodliwych w produktach ubocznych i odpadach, oczyszczanie gazów wylotowych metodami katalitycznymi (zmniejszenie emisji NOx, CO, węglowodorów, SO2, SCR, procesy DENOX, DESOX, DESONOX). Kataliza w produkcji paliw oraz paliw ekologicznych. Katalizatory samochodowe do oczyszczania spalin. Katalizatory usuwania lotnych substancji organicznych (VOC). Podział zjawisk katalitycznych przebiegających w obecności światła, mechanizmy degradacji substancji	K_W01, K_W03, K_U01, K_U02, K_K01, K_K02, K_K04

		szkodliwych dla środowiska w obecności TiO ₂ , zastosowanie procesów fotokatalitycznych do oczyszczania wody). Katalizatory dla ogniw paliwowych. Fotokatalizatory rozkładu wody. Fotokatalityczny rozkład barwników organicznych za pomocą serii fotokatalizatorów heterogenicznych. Badania szybkości i wydajności procesów za pomocą spektroskopii UV-Vis. Otrzymywanie i charakterystyka katalizatora heterogenicznego służącego do syntezy składnika paliw – MTBE. Proces katalityczny i analiza otrzymanego produktu za pomocą GC. Otrzymywanie estrów metylowych serii olejów rzepakowych i innych za pomocą katalizatorów homo- i heterogenicznych. Wpływ katalizatora na szybkość reakcji. Analiza chromatograficzna i spektroskopowa otrzymanych związków i organicznych w ochronie środowiska, farmacji i medycynie, kryminalistyce oraz analizie żywności.	
21.	Magnetyzm molekularny Molecular magnetism (Elective course)	Wybrane zagadnienia z teorii magnetyzmu "fazy stałej" i układów molekularnych. Podstawowe jednostki i parametry opisujące właściwości magnetyczne związków. Rodzaje porządkowań w polu magnetycznym i ich charakterystyka; paramagnetyzm, antyferromagnetyzm, ferromagnetyzm, ferrimagnetyzm, metamagnetyzm. Teoria Langevin'a, Neel'a. Uporządkowanie dalekiego zasięgu. Nadwymiana magnetyczna w związkach koordynacyjnych. Parametry określające i determinujące wielkość magnetycznych oddziaływań. Nowe molekularne materiały magnetyczne: magnesy molekularne, nanodruły molekularne, szkła spinowe, superparamagnetyki, związki wykazujące zjawisko spin – crossover. Czynniki określające zachowania typu SMM: anizotropia magnetyczna, wysoki spin, zjawisko relaksacji, efekt tunelowania kwantowego. Wybrane techniki pomiarowe. Technologiczne zastosowania magnetyków molekularnych: nanomateriały, mikroprocesory, pamięć komputerowa, diagnostyka medyczna. Badania naturalnych i syntetycznych biosystemów. Występowanie i rola magnetyków w organizmach. Selected issues from the theory of "solid phase" magnetism and molecular systems. Basic units and parameters describing the magnetic properties of compounds. Types of orders in a magnetic field and their characteristics; paramagnetism, antiferromagnetism, ferromagnetism, ferrimagnetism, metamagnetism. The theory of Langevin, Neel. Long range order. Magnetic superexchange in coordination compounds. Parameters defining and determining the magnitude of magnetic interactions. New molecular magnetic materials: molecular magnets, molecular nanowires, spin glasses, superparamagnets, compounds showing the spin-crossover phenomenon. Factors determining SMM behavior: magnetic anisotropy, high spin, relaxation phenomenon, quantum tunneling effect. Selected measurement techniques. Technological applications of molecular magnetism: nanomaterials, microprocessors, computer memory, medical diagnostics. Research on natural and synthetic biosystems. Occurrence and role of magnets in organisms	K_W01, K_W05, K_W06, K_U01, K_U04, K_K01, K_K03
22.	Metody dynamiki molekularnej ab initio	Przykłady zastosowania dynamiki molekularnej Born'a-Oppenheimera i dynamiki molekularnej Car'a-Parrinello. Opis przy użyciu fal płaskich. Metadynamika oraz dynamika z więzami – czyli jak efektywnie badać reakcje. Uwzględnienie efektów kwantowych – metoda Path Integral Molecular Dynamics (PIMD). Zastosowanie metod dynamiki molekularnej w badaniach mechanochemii, badaniu roztworów, katalizie homogenicznej i do symulacji właściwości spektroskopowych. Pakiet obliczeniowy CPMD (wprowadzenie do programu i zastosowanie do podstawowych badań reaktywności).	K_W09, K_U05, K_U08, K_K01,
23.	Polimery w medycynie	Pojęcia i definicje z podstaw chemii polimerów i biomateriałów. Klasyfikacja biomateriałów i biopolimerów oraz kryteria wyboru tych materiałów do celów medycznych. Metody syntezy polimerów, mechanizmy reakcji polimeryzacji, kontrolowane reakcje polimeryzacji (ROP, ATRP, RAFT itp.), kopolimeryzacja, katalizatory i inicjatory stosowane w reakcjach polimeryzacji.	K_W01, K_W02, K_W03, K_W05, K_W06, K_U01, K_U02, K_U03,

		Biopolimery, polimery biodegradowalne, polimery biocydowe, biomateriały polimerowe. Zawansowane metody analizy polimerów, badania struktury polimerów, badania korelacji struktura – właściwości polimerów. Polimerowe proleki, zastosowanie polimerów do modyfikacji białek. Zastosowania polimerów w medycynie (polimery w stomatologii, chirurgii: nici chirurgiczne, kleje medyczne, cementy kostne, implanty, rusztowania tkankowe, polimery w kardiochirurgii, mocowania ortopedyczne, membrany polimerowe w hemodializie, materiały opatrunkowe, matryce kontrolowanego uwalniania leków). Metody sterylizacji i degradacja materiałów polimerowych. Toksykologia monomerów, katalizatorów, polimerów i tworzyw polimerowych. Analiza i interpretacja danych pomiarowych wybranych biomateriałów i biopolimerów. Strategie syntezy materiałów polimerowych dla wybranych aplikacji medycznych. Synteza i charakterystyka wybranych biomateriałów, materiałów hybrydowych do sterowanej rekonstrukcji kości, materiałów stomatologicznych, koniugatów lek-polimer. Drukowanie 3D.	K_U04, K_U05, K_U06, K_K01, K_K02, K_K04,
24.	Projektowanie materiałów luminescencyjnych	Specyfika spektroskopii jonów lantanowców. Parametry charakteryzujące materiały luminescencyjne (luminofory) oraz sposoby ich wyznaczania metodami spektroskopowymi. Jakże parametry luminoforu można projektować i czynniki, które na nie wpływają. Przykłady projektowania luminoforów dla nowoczesnych technologii (LEDy, znaczniki luminescencyjne, systemy laserowe) z uwzględnieniem takich zjawisk jak up-konwersja, efekt antenowy, akcja laserowa. Opanowanie podstawowych metod syntezy luminoforów. Badanie luminoforu pod względem struktury (XRD), morfologii i składu chemicznego (mikroskopia elektronowa TEM, SEM, fluorescencja rentgenowska EDAX) i właściwości optycznych (spektroskopia absorpcyjna i luminescencyjna, wyznaczanie parametrów fotometrycznych).	K_W01, K_W03, K_W07, K_U01, K_U02, K_U05, K_K05
25.	Współczesne metody analiz	Metody przygotowania próbek rzeczywistych do analizy. Rodzaje mikroskopów stosowane w analizie. Zastosowanie mikroskopii ramanowskiej do badania dzieł sztuki. Analiza aktywacyjna i jej zastosowanie w kryminalistyce. Antycypany i metody ich oznaczania w produktach naturalnych. Szkło jako obiekt zainteresowania chemików analityków. Korozja Szkła. Miód – metody oznaczania jego jakości i autentyczności oraz marker zanieczyszczenia środowiska. Zastosowanie metody NMR do monitorowania procesów zachodzących w czasie procesów fermentacyjnych. Obrazowanie NMR – podstawy teoretyczne. Sztuczne opakowania produktów żywnościowych – dobrodziejstwo czy zagrożenie? Analiza chemiczna pojedynczych komórek. Oznaczanie składników podstawowych i śladowych w następujących grupach substancji złożonych (próbek rzeczywistych): produktach żywnościowych, napojach i odżywkach, karmie dla zwierząt, lekach, witaminach, rudach i minerałach, stopach, katalizatorach.	K_W01, K_W03, K_W06, K_U01, K_U02, K_U05, K_K02,
26.	Współczesne metody chromatograficzne	Współczesne metody chromatograficzne (wysokosprawna chromatografia cienkowarstwowa HPTLC, chromatografia gazowa GC, wysokosprawna chromatografia cieczowa HPLC). Mechanizmy selektywności wykorzystywane w poszczególnych rodzajach chromatografii. Aparatura, metody detekcji, rodzaje dostępnych kolumn chromatograficznych. Wybór warunków rozdziału w zależności od charakteru analizowanej próbki. Zasady doboru optymalnych warunków rozdziału w chromatografii gazowej i cieczowej. Techniki łączone i dwuwymiarowe. Analiza jakościowa i ilościowa. Wiarygodność wyników i walidacja metod. Przygotowanie próbek do analizy chromatograficznej. Zastosowania chromatografii, w tym technik specjalnych, do rozdzielania substancji nieorganicznych i organicznych w ochronie środowiska, farmacji i medycynie, kryminalistyce oraz analizie żywności. Dwuwymiarowa analiza TLC środków leczniczych. Rozdziały chiralne. Optymalizacja układów chromatograficznych (chromatografia gazowa i cieczowa - techniki gradientowe). Metody derywatyzacji i nietypowe metody detekcji. Analiza jakościowa i ilościowa związków organicznych występujących w benzynie metodą GC. Metoda headspace (fazy	K_W01, K_W03, K_W05, K_U01, K_U02, K_U03, K_U05, K_K01, K_K02, K_K04, K_K05,

		nadpowierzchniowej) do identyfikacji i oznaczeń ilościowych lotnych składników w artykułach spożywczych i materiałach biologicznych. Metoda derywatywacji do oznaczania jakościowego i ilościowego wyższych kwasów tłuszczowych w artykułach spożywczych. Rozdzielanie, identyfikacja i oznaczenie ilościowe substancji czynnych w produktach farmaceutycznych oraz produktów pochodzenia naturalnego metodą HPLC (RP i HILIC). Dobór i optymalizacja warunków rozdzielania derywatyzowanych pochodnych aminokwasów dla elucji izokratycznej i gradientowej. Walidacja wybranych parametrów metody analitycznej wykorzystującej HPLC.	
27.	Krystalografia	Mikroskopia elektronowa, polowa, tunelowa, sił atomowych. Kryształ jako faza uporządkowana; metody otrzymywania, etapy wzrostu, budowa i symetria. Krystalografia geometryczna: przestrzenie, operacje symetrii, sieci przestrzenne, komórki elementarne, klasy krystalograficzne, grupy przestrzenne, proste i płaszczyzny sieciowe, sieć odwrotna, odstęp międzypłaszczyzniowy, układy i rodziny krystalograficzne. Otrzymywanie i właściwości promieni X i neutronów; neutronografia. Elektronografia. Warunki dyfrakcji w monokryształach. Techniki eksperymentalne i aparatura w krystalografii. Czynniki atomowe i czynniki strukturalne. Czynniki wpływające na intensywność refleksów. Rozwiązywanie i udokładnianie struktury krystalicznej. Elementy krystalochemii: wiązania chemiczne w kryształach (metaliczne, jonowe, kowalencyjne, wodorowe, van der Waalsa), konfiguracja absolutna cząsteczek i kryształów, wyznaczanie rozkładu gęstości elektronowej. Poli- i izomorfizm. Magnetyki i ferroelektryki. Struktura szkieletów. Elementy krystalofizyki. Pojęcie właściwości fizycznej i jej opis tensorowy, grupy graniczne. Otrzymywanie kryształów. Bazy danych krystalograficznych: baza organiczna (CSD) i nieorganiczna (ICSD). Elektronografia, neutronografia a rentgenografia. Wiązania atomowe, jonowe, koordynacyjne, van der Waalsa w krystalografii. Promienie jonowe i atomowe. Przestrzeń odwrotna. Symetria, elementy symetrii, operacje symetrii. Grupy punktowe w krystalografii, grupy przestrzenne, punkty symetrycznie równoważne. Mapa Pattersona. Transformacje w krystalografii. Modelowanie struktury związków chemicznych, kryształów oraz sieci przestrzennych. Budowa dyfraktometru proszkowego i bazy proszkowej. Identyfikacja substancji na podstawie dyfraktogramów proszkowych. Pomiar intensywności wiązek ugiętych na dyfraktometrze monokrystalicznym. Morfologia kryształu, wybór kryształu, wyznaczanie gęstości. Wyznaczanie grupy dyfrakcyjnej. Rozwiązywanie i udokładnianie struktury krystalicznej.	K_W02, K_W04, K_W05, K_U01, K_U02, K_U03, K_U05, K_K01, K_K02, K_K03
28.	Chemia pierwiastków f-elektronowych	Lantanowce i aktynowce na tle układu okresowego. Metody klasyfikacji pierwiastków ziem rzadkich do odpowiednich grup (skandowce, lantanowce i aktynowce). Geochemia i technologia przetwórstwa pierwiastków ziem rzadkich - występowanie w przyrodzie, wydobycie z minerałów i metody rozdzielania (klasyczne i nowoczesne). Otrzymywanie i zastosowanie metali pierwiastków ziem rzadkich. Struktura elektronowa i właściwości magnetyczne związków pierwiastków f-elektronowych. Otrzymywanie, właściwości i zastosowanie związków pierwiastków ziem rzadkich na +3 stopniu utlenienia. Metody syntezy związków pierwiastków f-elektronowych na nietrwałych stopniach utlenienia. Chemia koordynacyjna lantanowców i aktynowców. Lantanowce i aktynowce - podobieństwa i różnice we właściwościach fizykochemicznych. Metody syntezy i najważniejsze kierunki badań związków pierwiastków ziem rzadkich. Metody otrzymywania nanorozmiarowych związków pierwiastków f-elektronowych. Właściwości i zastosowanie tego typu materiałów. Właściwości fluorescencyjne związków f-elektronowych. Zastosowanie modeli matematycznych do przewidywania właściwości fluorescencyjnych związków pierwiastków f-elektronowych. Zastosowanie związków pierwiastków bloku f w różnych dziedzinach nauki i techniki. Czynne i bierne urządzenia optoelektroniczne oparte na związkach pierwiastków f-elektronowych	K_W01, K_W02, K_W03, K_W04, K_W06, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U05, K_U06, K_U07, K_K01, K_K04, K_K06

29.	Fizykochemia dielektryków	Opis kondensatora bezstratnego w stałym polu elektrycznym. Definicja i znaczenie trzech wektorów elektrycznych. Termodynamika dielektryków; efekt elektrostrykcyjny i elektrokaloryczny. Polaryzacja z makroskopowego i mikroskopowego punktu widzenia. Polaryzowalność, podział na składowe, znaczenie poszczególnych wkładów do polaryzowalności. Sposoby wyznaczania polaryzowalności indukowanej. Dyskusja i porównanie poszczególnych metod. Teoria Debye'a - Langevina polaryzowalności orientacyjnej. Pole lokalne Lorentza, definicja i znaczenie polaryzowalności molowej i refrakcji molowej. Katastrofa Mossotiego. Pole lokalne Onsagera, wyprowadzenie podstawowych zależności, zdefiniowanie pola wewnętrznego, pola reakcji, polaryzowalności wewnętrznej. Modyfikacja Kluka modelu pola lokalnego. Porównanie modelu Onsagera i Kluka. Mikroskopowe modele pól lokalnych Kirkwooda i Frohlicha. Metody ekstrapolacyjne wyznaczania momentów dipolowych. Związek między momentami dipolowymi cząsteczki i ich strukturą. Przykłady wykorzystania rachunku wektorowego do konkretnych zagadnień. Momenty dipolowe cząsteczek ze swobodną rotacją - wzór Eyringa. Czynniki wpływające na moment dipolowy cząsteczki (efekty mezomeryczne, oddziaływania wewnątrz i międzycząsteczkowe, asocjacja, wpływ rozpuszczalnika). Wpływ silnego pola elektrycznego na dielektryczne własności cieczy - nieliniowy efekt dielektryczny. Wyprowadzenie nieliniowego inkrementu dielektrycznego dla pola lokalnego Lorentza i Onsagera. Anomalny efekt dielektryczny - model Debye'a, model Piekary, model z rotacją wewnętrzną, model Małeckiego, zjawiska krytyczne. Relaksacja nieliniowego efektu dielektrycznego. Metody pomiarowe stosowane w NDE. Opis dielektryka stratnego w przemiennym polu elektrycznym. Zdefiniowanie zespolonej przenikalności elektrycznej, znaczenie i interpretacja składowej rzeczywistej i urojonej. Relaksacja polaryzacji w zmiennym polu elektrycznym. Wyprowadzenie równania Debye'a dla pojedynczego czasu relaksacji. Reprezentacja krzywych dyspersyjnych i absorpcyjnych na wykresie Cole'a-Cole'a. Relaksacja o ośrodkach rzeczywistych, widmo czasów relaksacji, funkcje Cole'a- Cole'a, Davidsona- Cole'a, Havrilaka- Nagami, dyskretny rozkład czasów relaksacji, ciągły rozkład czasów relaksacji, rozkład czasów relaksacji wg. Frohlicha. Nieeksponecjalne procesy relaksacyjne. Relacje Kramersa- Kroniga. Molekularne teorie relaksacji dielektrycznej: model dyfuzyjny Debye'a, model Wirtza, model Andersona, model Eyringa, model Glaruma, model fluktuacyjny Andersona-Ullmana. Rozkład czasów relaksacji wg. Fohlicha.	KW_01, K_U01, K_U05
30.	Kataliza z udziałem związków metali	Nieorganiczna chemia supramolekularna. Rola wiązania koordynacyjnego w tworzeniu struktur supramolekularnych, kompleksy makrocycliczne, selektywne wiązanie kationów i anionów, samoorganizacja kompleksów metali. Supramolekularne aspekty chemii bionieorganicznej, materiały optyczne i magnetyczne, elektronika molekularna, czujniki chemiczne. Metody syntezy i budowa związków metaloorganicznych, karbonylków metali, kompleksów wodorkowych oraz związków z wiązaniem metal-metal. Korelacja struktury z reaktywnością związków kompleksowych metali. Elementarne etapy reakcji katalitycznych. Mechanizmy reakcji katalizowanych przez kompleksy metali. Kataliza homogeniczna, heterogeniczna i nanokataliza. Zastosowanie reakcji katalitycznych w przemysłowej syntezie organicznej	K_W01, K_W03, K_W06
31.	Oddziaływania molekularne	Podstawy teoretyczne oddziaływań chemicznych. Przekazanie podstawowych informacji na temat metod badawczych oddziaływań chemicznych. Badania eksperymentalne i teoretyczne układów z wiązaniami wodorowymi. Oddziaływania uniwersalne, oddziaływania specyficzne i oddziaływania z przeniesieniem ładunku. Oddziaływania jon-jon, jon-dipol trwałe, dipol trwałe - dipol trwałe, jon - dipol indukowany, dipol trwałe - dipol indukowany. Oddziaływania specyficzne; dyspersyjny charakter i siły Londona. Oddziaływania van der Waalsa. Wiązanie wodorowe w biologii i technice. Definicja wiązania wodorowego. Reguły Canona dla utworzenia wiązania wodorowego.	K_W01, K_W03, K_W04, K_U02, K_U03, K_U04,

		Charakterystyki wiązania wodorowego: kierunkowość, długość, kąt i siła. Parametry podziału wiązań wodorowych. Efekt steryczny. Promień van der Waalsa. Energia oddziaływań sterycznych (równanie). Wpływ efektu sterycznego na wewnątrzcząsteczkowe wiązanie wodorowe; przykłady - zasady Schiffa, pochodne amidu salicylowego i gąbki protonowe. Wpływ środowiska na oddziaływanie międzycząsteczkowe.	
32.	Promieniowanie jonizujące w obrazowaniu medycznym	Budowa urządzeń do obrazowania planarnego tkanek twardych i miękkich (mammografia). Rola luminoforów w rejestracji obrazów medycznych. Budowa tomografu komputerowego. Budowa tomografu emisyjnego pojedynczego fotonu. Budowa kamery PET. Mechanizm scyntytacji, szybkość scyntytacji. Modelowanie nowych scyntylatorów.	K_W01, K_W04, K_W05,
33.	Spektrometria mas	Podstawy spektrometrii mas. Typy źródeł jonów i mechanizmy jonizacji. Analizatory mas i detektory jonów. Analiza widm masowych związków organicznych: Fragmentacja jonów parzysto i nieparzystoelektronowych. Zastosowania tandemowych metod spektrometrii mas. Badania peptydów i białek za pomocą spektrometrii mas. Sprzężenie chromatografu cieczowego i gazowego ze spektrometrem mas. Praktyczna analiza widm mas.	K_W01, K_W05, K_W06, K_U01, K_U02,
34.	Spektroskopia fluorescencyjna	Podstawowe definicje i podstawy fizyczne fluorescencji. Aparatura do spektroskopii fluorescencyjnej. Przeprowadzanie pomiaru i analiza danych. Fluorofory. Pomiary w domenie czasowej, interpretacja zaników intensywności emisji; widma TRES. Efekty rozpuszczalnika i otoczenia. Dynamika procesów relaksacji. Wygaszanie fluorescencji; mechanizmy wygaszania. Anizotropia wzbudzenia i emisji; zaniki anizotropii fluorescencji. Rezonansowy transfer energii - określanie odległości między donorem a akceptorem w układach molekularnych. Fluorescencja białek; zastosowanie fluorescencji do badania struktury i dynamiki układów biologicznych. Wzbudzenie wielofotonowe. Sondy fluorescencyjne; testy immunologiczne. Kompleksy metali i kropki kwantowe jako sondy luminescencyjne. Lantanowce jako sondy fluorescencyjne. Detekcja pojedynczych cząsteczek.	K_W01, K_W03, K_W05, K_U02,
35.	Zastosowanie spektroskopii EPR w nauce i w przemyśle	Podstawy chemii kwantowej, elektronowa teoria budowy atomów i cząsteczek. Podstawy magnetyzmu i spektroskopii elektronowej. Oddziaływanie momentów magnetycznych spinowego i orbitalnego z polem magnetycznym. Momenty magnetyczne jąder. Kwantowe stany energetyczne spinów elektronów i jąder w polu magnetycznym. Oddziaływanie spinów elektronowych i jądrowych (oddziaływanie nadsubtelne). Elektronowe przejścia rezonansowe; oddziaływanie Zemana (parametr i macierz g). Reguły wyboru dla przejść elektronowych. Oddziaływanie nadsubtelne; fizyczne podstawy, parametry i macierze-A. Wpływ symetrii lokalnej centrów spinowych na relacje diagonalnych składowych macierzy g i A odzwierciedlane w widmach EPR proszków i kryształów oraz w zależności od orbitali stanu podstawowego niesparowanego elektronu. Układy wieloelektronowe odpowiadające $S > 1$, jonów metali wieloelektronowych oraz związków wielordzeniowych i birodników; rozszczepienia w zerowym polu magnetycznym parametr D i macierz D, Ich natura fizyczna. Reguły wyboru dla przejść elektronowych. Rozszczepienia nadsubtelne widm EPR i metody uzyskiwania najlepszej rozdzielczości tych rozszczepień. Specyfika widm EPR w fazach ciekłych, stałych (proszki monokryształy), proszki rozcieńczone diamagnetycznie. Zasady interpretacji widm EPR: widma samodzielnych związków oraz widma układów w równowadze chemicznej, wpływ temperatury. Analiza widm z zastosowaniem metod symulacyjnych. Techniki pomiarowe EPR stosowane w badaniach związków kompleksowych metali, rodników, w biologii, biochemii, biofizyce i geologii, w tym zastosowanie trwałych rodników - znaczników, sond i wygaszaczy spinowych oraz pułapek spinowych.	K_W01, K_W05, K_U01, K_U02, K_K01

36.	Synteza organiczna na nośniku stałym	Idea syntezy na nośniku stałym. Synteza na nośniku a synteza w roztworze. Charakterystyka nośników i grup łączących. Metody osadzania substratów na nośniku. Merrifield i synteza peptydów. Strategie syntezy, metody uwalniania produktów. Grupy ochronne. Osłony ortogonalne. Metody analityczne w syntezie na nośniku stałym. Synteza biopolimerów: peptydy, białka, kwasy nukleinowe, PNA, cukry. Synteza organiczna na nośniku stałym: rozbudowa szkieletu węglowego, kondensacje, utlenianie i redukcja, synteza układów heterocyklicznych. Reakcje wspomagane mikrofalami. Immobilizowane odczynniki. Metody wyodrębniania i oczyszczania produktów wspomagane fazą stałą. Badania biologiczne immobilizowanych substratów. Zastosowania syntezy na nośniku stałym: chemia biopolimerów, chemia produktów naturalnych, biblioteki kombinatoryczne, badanie mechanizmów reakcji, katalizatory. Synteza organiczna na podłożu stałym.	K_W01, K_W03, K_W06, K_U01, K_U03, K_U06, K_K05,
37.	Wprowadzenie do chemii supramolekularnej	Podstawowe pojęcia dotyczące chemii supramolekularnej. Klasyfikacja i nomenklatura kompleksów supramolekularnych. Stałe trwałości. Kooperatywność i efekt chelatowy. Natura oddziaływań supramolekularnych. Efekt hydrofobowy. Wiązanie kationów. Etery koronowe, lariatowe i podandy. Kryptandy i sferandy. Selektywność w wiązaniu kationów. Efekt templatowy. Kompleksacja kationów organicznych. Wiązanie anionów. Receptory par jonowych. Wiązanie w roztworze. Molekularni gospodarze i goście. Kawitandy. Cyklodekstryny. Cyklofany. Kryptofany. Samoorganizacja i samoasocjacja. Supramolekularne kompleksy metali. Organiczno-nieorganiczne klatki supramolekularne. Wiązanie mechaniczne. Katenany. Rotaksany. Synteza metodami pasywnej i aktywnej templatacji. Węzły molekularne. Maszyny molekularne. Kataliza supramolekularna.	K_W01, K_W03, K_K04
38.	Współczesna synteza organiczna	Znaczenie syntezy organicznej we współczesnej chemii i przemyśle chemicznym. Typy transformacji w chemii organicznej. Reakcje utlenienia i redukcji w chemii organicznej. Reagenty i ich zastosowanie. Metody rozbudowy szkieletu węglowego. Reakcje typu kondensacji aldolowej, reakcje z karboanionami, reakcje sprzęgania (katalityczne, utleniające i reduktywne). Metody syntezy struktur jedno i wielopierścieniowych. Metody syntezy heterocykli i makrocycyli. Strategia i planowanie syntezy. Analiza retrosyntetyczna, syntony, umpolung. Wykorzystanie metod analitycznych w procesie wieloetapowej syntezy. Standardy publikacyjne.	K_W01, K_W03, K_W07, K_U01, K_K01
39.	Współczesne techniki NMR w chemii organicznej	Elementy teorii NMR, podstawy eksperymentu impulsowego. Parametry widm NMR i wpływ czynników strukturalnych na parametry widm. Przesunięcie chemiczne, sprzężenie spin-spin, układy spinowe, chemiczna i magnetyczna równoważność. Relaksacja jądrowa, pomiar czasów relaksacji, jądrowy efekt Overhausera. Zjawiska dynamiczne w spektroskopii NMR. Techniki wieloimpulsowe, odprężanie, spektroskopia dwuwymiarowa (COSY, NOESY, HMQC, HMBC). Aspekty praktyczne: przygotowanie próbki, dobór rozpuszczalnika, temperatury pomiaru, parametrów akwizycji i obróbki danych.	K_W01, K_W05, K_U01, K_U02, K_U03, K_U05, K_K01
40.	Wybrane tematy medycyny molekularnej	Definicje z obszaru medycyny molekularnej – interdyscyplinarnej dziedziny wykorzystującej wiedzę z pogranicza chemii, fizyki, biologii oraz medycyny w celu zrozumienia prawidłowego funkcjonowania organizmów oraz patogenezy chorób na poziomie cząsteczkowym; Charakterystyka chemicznych aspektów mechanizmów patogenezy wybranych chorób na poziomie molekularnym, tj. podstawowych cząsteczek i struktur komórkowych (m.in. białek, kwasów nukleinowych, szlaków metabolicznych); Omówienie chemicznych aspektów molekularnych podstaw i mechanizmów chorób neurodegeneracyjnych (Parkinsona, Alzheimer, Huntingtona, ALS), wybranych chorób nowotworowych, chorób układu krążenia, otyłości, mechanizmów uzależnień, infekcji mikrobiologicznych i lekooporności. Wykorzystanie możliwości chemii w projektowaniu narzędzi do diagnozowania, leczenia i profilaktyki.	K_W01, K_W06, K_U03, K_U05, K_U07, K_K05, K_K04

41.	<p>Zastosowania materiałów chemicznych</p> <p>Applications of chemical materials (Elective course)</p>	<p>Klasyfikacja materiałów ze względu na ich właściwości fizykochemiczne. Chemia fullerenów. Nowe materiały: grafen, metamateriały, kompozyty i materiały organiczne w optoelektronice. Omówienie właściwości materiałów ferroicznych (głównie ferroelektryków i ferroelastyków). Przedstawienie głównych metod badawczych do charakteryzowania kryształów ferroicznych. Omówienie właściwości nieliniowych kryształów ferroelektrycznych. Katalizatory metaloorganiczne w zastosowaniu syntezy materiałów organicznych. Typy katalizatorów, układy, w których są stosowane, ich projektowanie i zastosowania nanomateriałów.</p> <p>Classification of materials due to their physicochemical properties. Fullerene chemistry. New materials: graphene, metamaterials, composites and organic materials in optoelectronics. Discussion of the properties of ferroic materials (mainly ferroelectrics and ferroelastics). Presentation of the main research methods for the characterization of ferroic crystals. Discussion of the properties of nonlinear ferroelectric crystals. Organometallic catalysts in the synthesis of organic materials. Types of catalysts, systems in which they are used, their design and applications of nanomaterials</p>	K_W01, K_W06
42.	<p>Zastosowanie metod topologicznych w chemii</p>	<p>Podstawowe pojęcia topologii. Podstawowe pojęcia analizy topologicznej pól skalarnych stosowanych w chemii. Chemiczna Topologia Kwantowa. Charakterystyka struktury elektronowej molekuł w oparciu o analizę topologiczną gęstości elektronowej. Podział oddziaływań międzyatomowych ze względu na parametry opisujące gęstość elektronową w punktach krytycznych wiązań. Populacje, ładunki atomowe. Analiza delokalizacji gęstości elektronowej. Funkcja Lokalizacji Elektronów (ELF) oraz Indeks Lokalizowalności Elektronowej (ELI). Charakterystyka struktury elektronowej molekuł w oparciu o analizę topologiczną funkcji ELF i ELI-D. Podział oddziaływań atomowych ze względu na własności topologiczne. Wiązanie protokowalencyjne. Analiza populacyjna i analiza delokalizacji gęstości elektronowej na bazie topologicznej analizy funkcji ELF i ELI-D. Topologiczna definicja polarności wiązania.</p>	K_W01, K_W06, K_U01,

45.	<p>Bezpieczeństwo w laboratorium</p> <p>Safety in a chemical laboratory</p>	<p>Kultura i etyka bezpiecznej pracy. Podstawowe zasady bezpieczeństwa w laboratorium chemicznym, planowanie eksperymentów oraz organizacja pracy. Postępowania w przypadku rozlania substancji chemicznych, pożaru, pierwsza pomoc w laboratorium chemicznym. Oznaczenia, piktogramy i etykiety. Źródła informacji o zagrożeniach i bezpieczeństwie w laboratorium: karty charakterystyki substancji chemicznych GHS. Toksyczne substancje chemiczne oraz czynniki biologiczne. Podstawowe koncepcje w toksykologii: substancje toksyczne, toksyny i trucizny, pomiar toksyczności, toksyczność ostra i przewlekła. Rozpoznawanie zagrożeń: substancje palne, substancje żrące, niekompatybilne ze sobą substancje chemiczne, substancje reaktywne, nadtlarki, zagrożenia związane z prądem elektrycznym oraz niskim lub wysokim ciśnieniem, zagrożenia kriogeniczne, zagrożenia związane z promieniowaniem. Ocena ryzyka i zarządzanie nim. Środki ochrony osobistej i zbiorowej. Zarządzanie chemikaliami: przechowywanie, przenoszenie, kontrola, odpady i bezpieczeństwo.</p> <p>Safety culture and ethic. Basic safety rules in chemistry laboratory, experiment planning and organization of work. Preparing for emergency response: chemical spills, fire, first aid in chemistry laboratory. Understanding and communicating laboratory hazards: signs, symbols, and labels. Information resources about laboratory hazards and safety: safety data sheets (SDS/MSDS), GHS. Recognizing laboratory hazards of toxic substances and biological agents. Basic concepts in toxicology: toxicants, toxins and poisons, measuring toxicity, acute and chronic toxicity. Recognizing laboratory physical hazards: flammables, corrosives, incompatible chemicals, reactive chemicals, peroxides, electrical hazard, hazard from low or high pressure systems, cryogenic hazard, radiation related hazard. Risk assessment and managing. Personal protective equipment and engineering control. Chemical management: inspections, storage, local transport, wastes, and security.</p>	<p>K_W01, K_W07</p> <p>K_K01</p>
-----	---	---	----------------------------------

46.	<p>Zaawansowana chemia organiczna (Blok I) Advanced organic chemistry (Block I)</p>	<p><i>Współczesna synteza organiczna</i> Znaczenie syntezy organicznej we współczesnej chemii i przemyśle chemicznym. Typy transformacji w chemii organicznej. Reakcje utlenienia i redukcji w chemii organicznej. Reagenty i ich zastosowanie. Metody rozbudowy szkieletu węglowego. Reakcje typu kondensacji aldolowej, reakcje z karboanionami, reakcje sprzęgania (katalityczne, utleniające i reduktywne). Metody syntezy struktur jedno i wielopierścieniowych. Metody syntezy heterocykli i makrocycyli. Strategia i planowanie syntezy. Analiza retrosyntetyczna, syntony, umpolung. Wykorzystanie metod analitycznych w procesie wieloetapowej syntezy. Standardy publikacyjne.</p> <p><i>Praktyczna chemia organiczna</i> Informacja naukowa w chemii organicznej. Bezpieczeństwo w organicznym laboratorium chemicznym. Prowadzenie dziennika laboratoryjnego i dokumentacja pracy syntetycznej. Nowoczesny sprzęt laboratoryjny. Rozdział i oczyszczanie produktów reakcji. Techniki próżniowe – linia próżniowo/azotowa, techniki Schlenka, destylacja próżniowa. Praca w atmosferze obojętnej. Komora rękawicową, jako użyteczne narzędzie zabezpieczania substratów i produktów przed rozkładem. Oczyszczanie reagentów i rozpuszczalników. Chromatografia jako potężne narzędzie do identyfikacji i rozdziału produktów reakcji. Specjalne techniki prowadzenia reakcji (syntezy fotochemiczne i z wykorzystaniem mikrofal, synteza na nośniku stałym). Wizualizacja danych eksperymentalnych.</p> <p><i>Metody analityczne w chemii organicznej</i> Spektroskopia NMR. Spektrometria mas. Inne techniki analityczne wykorzystywane w chemii organicznej.</p> <p><i>Laboratorium</i> Przygotowanie reagentów i rozpuszczalników, niezbędne do dalszej pracy w ramach pracowni: przeprowadzenie destylacji przy ograniczonym dostępie wilgoci i tlenu. Synteza na mikroskale. Prowadzenie syntezy przez noc, także we wrzącym rozpuszczalniku. Synteza przy ograniczonym dostępie wilgoci i tlenu. Prowadzenie syntezy w niskich temperaturach. Prowadzenie syntezy wieloetapowej bez wydzielania produktów pośrednich. Izolacja produktu z mieszaniny zawierającej bardzo reaktywne związki. Wydzielanie produktów syntezy na drodze destylacji, krystalizacji i chromatografii. Praca na linii próżniowej. Usuwanie wysokowrzących reagentów za pomocą wysokiej próżni. Destylacja próżniowa (w tym frakcyjna) oraz typu „bulb-to-bulb”.</p> <p><i>Contemporary organic synthesis</i> Role of organic synthesis in contemporary chemistry and chemical industry. Types of synthetic transformations. Oxidations and reductions in organic chemistry. Reagents and their applications. Methods of carbon-carbon bond formation. Aldol-type condensations, reactions with carbanions, coupling reactions (oxidative, reductive, and catalytic). Synthesis of carbocycles. Synthesis of heterocyclic and macrocyclic systems. Strategy and planning in organic synthesis. Retrosynthetic analysis, synthons, umpolung. Analytical methods in organic synthesis. Publication standards.</p> <p><i>Practical organic chemistry</i> Scientific information in the organic chemistry. Safety in the organic chemistry laboratory. How to conduct a lab book and a synthetic documentation? Modern laboratory equipment.</p>	K_W01, K_W03, K_W05, K_W07, K_U01, K_U03, K_U07, K_U08, K_K02, K_K03, K_K04,
-----	---	---	--

		<p>Separation and purification of the reaction products. High vacuum techniques – vacuum/inert gas line, Schlenk techniques, vacuum distillation. Work in a controlled atmosphere. Glove-box as a convenient tool for protecting substrates/products from decomposition. Purification of reagents and solvents. Chromatography as a powerful tool for identification and separation of products. Special reaction techniques (photochemical and microwave synthesis, solid phase synthesis). Visualisation of the experimental data.</p> <p><i>Analytical methods in organic chemistry</i></p> <p>NMR spectroscopy. Mass spectrometry. Other analytical methods useful in organic chemistry</p> <p><i>Laboratory</i></p> <p>The laboratory course creates an opportunity to face all steps necessary in organic synthesis. It starts with a purification of reagents and solvents, required for further work, including a distillation in inert atmosphere. All prepared purified chemicals will be used for a microscale synthesis. Some experiments will require the use of moisture and oxygen-sensitive reagents. In this case high vacuum/inert gas Schlenk methodology will be applied. Multistep synthesis will be also conducted. The isolation and purification (crystallization, distillation and chromatography) of the final product will be an important part of the course.</p> <p>Vacuum distillation will be used as a method of removal of high-boiling solvents and separation of mixtures (high vac and bulb-to bulb technique). Variety of chromatographic procedures will be also presented.</p>	
47.	<p>Zaawansowana chemia nieorganiczna (Blok II)</p> <p>Advanced inorganic chemistry (Block II)</p>	<p><i>Wykład, seminarium</i></p> <p>Podstawowe teorie opisujące wiązania metal-węgiel. Otrzymywanie, charakterystyka i zastosowanie związków metaloorganicznych. Kompleksy wodorkowe i karbonylowe metali. Elementarne etapy reakcji katalitycznych. Mechanizmy reakcji katalitycznych. Korelacja struktura-reaktywność. Zastosowanie reakcji katalitycznych w przemyśle.</p> <p>Nieorganiczna chemia supramolekularna. Rola wiązania koordynacyjnego w tworzeniu struktur supramolekularnych, kompleksy makrocykliczne, selektywne wiązanie kationów i anionów, samoorganizacja kompleksów metali. Supramolekularne aspekty chemii bionieorganicznej, materiały optyczne i magnetyczne, elektronika molekularna, czujniki chemiczne. Nieorganiczno-organiczne polimery hybrydowe. Idea węzła i łącznika w polimerze koordynacyjnym. Podstawowe grupy polimerów koordynacyjnych. Struktury zeolitowe oraz ich analogi nieorganiczno-organiczne. Kowalencyjne materiały porowate. Podejście izoretikularne w projektowaniu polimerów koordynacyjnych. Synteza solwotermalna i mechanochemiczna. Topologia i izomeria w sieciach polimerów koordynacyjnych. Opis porowatości w ujęciu teoretycznym i eksperymentalnym. Elastyczne i dynamiczne sieci koordynacyjne. Sorpcja i separacja gazów i par w materiałach porowatych. Ciepło adsorpcji. Materiały porowate w katalizie. Polimery koordynacyjne jako nośniki leków. Materiały elektroaktywne.</p> <p><i>Laboratorium</i></p> <p>Wykonanie syntez związków kompleksowych w warunkach beztlenowych i z wykorzystaniem zaawansowanych technik laboratoryjnych. Charakterystyka strukturalna otrzymanych związków metodami fizykochemicznymi.</p> <p><i>Lecture, seminar</i></p> <p>Fundamental theories describing metal-carbon bonds. Synthesis, characterization and</p>	<p>K_W01, K_W07, K_U01, K_U02, K_U05, K_U08, K_U09, K_K03,</p>

		<p>applications of organometallic compounds. Metal hydride and carbonyl compounds. Elementary steps in catalytic reactions. Mechanisms of catalytic reactions. Structure-reactivity relationships. Application of catalytic reactions in industrial processes.</p> <p>Inorganic supramolecular chemistry. The role of coordination bonds in the formation of supramolecular assemblies, macrocyclic complexes, selective binding of cations and anions, self-organization of metal complexes.</p> <p>Supramolecular aspects in bioinorganic chemistry, optical and magnetic materials, molecular electronics, chemical sensors.</p> <p>Inorganic-organic hybrid materials, metal-organic frameworks. The concept of a node and a linker in a coordination polymer. Classification of coordination polymers. Zeolites and their inorganic-organic analogues. Covalent organic frameworks. Isorecticular approach in the design of coordination polymers. Solvothermal synthesis and mechanochemistry. Topology and isomerism in coordination polymer frameworks. Theoretical and experimental description of porosity in solids. Dynamic coordination networks. Sorption and separation of gases and vapors in porous materials. Heat of adsorption. Porous materials in catalysis. Coordination polymers as drug delivery systems. Electroactive materials.</p> <p><i>Laboratory</i></p> <p>Preparation of selected coordination compounds under inert atmosphere with the use of advanced laboratory techniques. Physico-chemical characterization of obtained compounds.</p>	
48.	Lektorat z języka nowożytnego (poziom B2+) / Language course (B2+ level)	<p>Zasoby leksykalno-gramatyczne języka odpowiadające biegłości na poziomie B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego.</p> <p>Vocabulary and grammar resources of the English language corresponding to proficiency at B2+ level of the Common European Framework of Reference for Languages.</p>	K_U07
49.	Język polski dla cudzoziemców (poziom A1) / Polish for Foreigners (A1 level)	<p>Zasób słownictwa oraz zasady gramatyczne konieczne do osiągnięcia biegłości na poziomie A1 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego. Tematyka niezbędna w komunikacji.</p> <p>Vocabulary and grammar rules necessary to achieve fluency at level A1 of the Common European Framework of Reference for Languages. topics necessary in communication.</p>	

50.	Modelowanie molekularne Molecular modeling	<p>Metody mechaniki klasycznej, pola sił. Podstawy teoretyczne metod chemii kwantowej: metoda Hartree-Focka, metody półempiryczne, metody ab initio SCF, funkcje bazy, metody korelacyjne (MPn, CI i CC), metody funkcjonałów gęstości. Punkty stacjonarne na powierzchni energii potencjalnej, optymalizacja struktury geometrycznej, lokalizacja stanów przejściowych, modelowanie drogi reakcji chemicznej. Modelowanie struktury i własności układów molekularnych w fazie gazowej i roztworach (model supermolekularny i metody ciągłego otoczenia). Teoria oddziaływań międzycząsteczkowych. Oddziaływania międzycząsteczkowe – interpretacja na gruncie metod rachunku zaburzeń i ujęcia supermolekularnego. Zastosowanie metod chemii kwantowej w spektroskopii molekularnej. Modelowanie struktury i własności układów periodycznych: fale płaskie, funkcje Blocha, periodyczna metoda Hartree-Focka, obliczenia struktury pasmowej i gęstości stanów. Modelowanie procesów chemicznych za pomocą metod automatów komórkowych. Badania układów molekularnych za pomocą metod Monte Carlo. Badania właściwości dynamicznych układów molekularnych – metody dynamiki molekularnej (klasycznej, opartej na polu sił i ab initio). Modelowanie procesów chemicznych dla układów typu nano.</p> <p>Methods of classical mechanics, force fields. Theoretical basis of quantum chemistry methods: Hartree-Fock method, semi-empirical methods, ab initio SCF methods, basis functions, correlation methods (MPn, CI and CC), density functional methods. Stationary points on the potential energy surface, optimization of the geometrical structure, localization of transition states, modeling of the chemical reaction path. Modeling of the structure and properties of molecular systems in the gas phase and solutions (supermolecular model and continuous environment methods). Theory of intermolecular interactions. Intermolecular interactions - interpretation on the basis of perturbation calculus methods and the supermolecular approach. Application of quantum chemistry methods in molecular spectroscopy. Modeling of the structure and properties of periodic systems: plane waves, Bloch functions, periodic Hartree-Fock method, calculations of band structure and density of states. Modeling of chemical processes using cellular automata methods. Research of molecular systems using Monte Carlo methods. Research on the dynamic properties of molecular systems - methods of molecular dynamics (classical, based on the force field and ab initio). Modeling of chemical processes for nano systems.</p>	K_W03, K_W04, K_W06, K_U01, K_U02, K_U05, K_U09, K_K01, K_K02
51.	Pracownia magisterska Master's Degree Project	<p>Student realizuje projekt magisterski, który kończy się pracą magisterską, wybierając temat zaproponowany i przypisany do grupy badawczej wydziału. Projekt obejmuje przegląd literatury z zakresu zagadnień poruszanych w pracy magisterskiej, syntezę związków, wykorzystanie metod fizykochemicznych w celu scharakteryzowania i wyjaśnienia właściwości otrzymanych związków, korelację obserwowanych właściwości z aktualnymi danymi literaturowymi.</p> <p>The student completes a master's project, which ends with a master's thesis, choosing a topic proposed and assigned to the research group of the faculty. The project includes a review of the literature on the issues discussed in the master's thesis, synthesis of compounds, the use of physicochemical methods to characterize and explain the properties of the compounds obtained, correlation of the observed properties with current literature data.</p>	K_W01, K_W-03, K_W05, K_W07, K_U01, K_U02, K_U03, K_U05, K_U06, K_K01, K_K03, K_K04

52.	<p>Przedsiębiorczość i ochrona własności intelektualnej</p> <p>Entrepreneurship and intellectual property protection</p>	<p>Zapoznanie ze światowym rynkiem wysokich technologii. Ocena umiejętności biznesowych. Selekcja pomysłu biznesowego z obszaru wysokich technologii. Rynkowa ocena pomysłu/technologii. Badania konkurencyjności rynku. Metody ochrony własności intelektualnej. Pozyskiwanie kapitału na działalność innowacyjną. Kolejne etapy wprowadzenia technologii na rynek. Rejestracja i wprowadzenie podmiotu biznesowego na rynek.</p> <p>Introduction to a global high technology market. Assessment of individual business skills. Selection of a new business idea from a high technology area. Market evaluation of a new idea/technology. Study of market competitiveness. Possible methods of IP assessment and protection. Raising capital for innovative activity/business. Successive stages of the introduction of a technology to the market. Registration and introduction of a new entity into the market.</p>	K_W08, K_W09, K_W10, K_W11
53.	<p>Komunikacja, wolność słowa i inne prawa i wolności człowieka w demokratycznym społeczeństwie</p> <p>Communication, speech freedom and other human rights and freedoms in democratic society</p>	<p>Znaczenie i cechy prawa oraz demokracji. Źródła prawa na przykładzie Konstytucji RP. System prawny. Media w regulacjach międzynarodowych. Szczególna odpowiedzialność mediów. Prawo reklamy. Zagadnienie wolności słowa i jej ograniczenia. Prawa i obowiązki dziennikarzy. Prawo konkurencji w działalności mediów. Zagadnienie ochrony prawa autorskich i praw pokrewnych. Prawo mediów cyfrowych. Prawo do prywatności.</p> <p>Meaning and nature of law and democracy. Sources of law in the Constitution of RP. Legal system. Media in international regulations. Specific responsibilities of media. Advertising Law. The issue and limits of freedom of expression. Rights and obligations of journalists. Law on Competition in activity of media. The issue and protection of copyright and related rights. Digital media law. Right for privacy.</p>	K_W12
54.	<p>Seminarium magisterskie</p> <p>Master's Seminar</p>	<p>Zagadnienia z chemii zatwierdzone przez Radę Wydziału jako tematy prac magisterskich. Tematyka jest związana z profilem Zespołu badawczego. Studenci przedstawiają prezentacje-projektu z przeglądu literaturowego i wyników swojej pracy badawczej.</p> <p>Issues of chemistry approved by the Council of the Faculty of Chemistry as topics of diploma theses. The subject matter is related to the profile of the Research Team. Students present presentations-projects from the literature review and the results of their research work.</p>	K_W01, K_U02, K_U04, K_U03, K_U05, K_U06, K_K01, K_K02

55.	<p>Chemia kombinatoryczna (PDW)</p> <p>Combinatorial chemistry (Elective course)</p>	<p>Biblioteki kombinatoryczne - kolekcje związków chemicznych. Biblioteki syntetyczne. Biblioteki ogólne i ukierunkowane. Reprezentatywność bibliotek i kryteria różnorodności. Różnorodność strukturalna i projektowanie bibliotek. Nowoczesne metody poszukiwania związków biologicznie czynnych. Projektowanie związków biologicznie czynnych. Szkielety i elementy budulcowe. Metody syntezy i analizowania bibliotek. Optymalizacja metod syntezy. Synteza równoległa i synteza mieszanin. Automatyzacja i robotyzacja. Techniki analityczne. Gromadzenie i zarządzanie danymi. Chemia kombinatoryczna jako narzędzie badawcze. Zastosowanie metod kombinatorycznych w analizie strukturalnej i chemii materiałowej. Projektowanie inhibitorów i katalizatorów, optymalizacja katalizatorów. Biblioteki naturalne (układ odpornościowy, wirusy i bakteriofagi, białka, antybiotyki, poliketidy). Metody testowania bibliotek, HTPS. Metody komputerowe w chemii kombinatorycznej. Biblioteki wirtualne. Synteza bibliotek kombinatorycznych na nośniku stałym i w roztworze. Projektowanie biblioteki: dobór szkieletu i grup funkcyjnych, ustalenie procedury, dobór substratów. Synteza prostych bibliotek peptydowych, układów heterocyklicznych, synteza kombinatoryczna w roztworze. Ocena skuteczności syntezy.</p> <p>Combinatorial libraries. Natural libraries: immune response, proteins, antibiotics, polyketides, phage systems and viruses. Synthetic and virtual libraries. Combinatorial biosynthesis. General and focused libraries, library design, deconvolution. Chemical diversity, Synthetic and analytical procedures, screening protocols, HTPS. Application of combinatorial libraries in biological and organic chemistry as well as in analytical chemistry and material science.</p> <p>Development of inhibitors and catalysts. Bioinformatics and data mining.</p> <p>Classical organic synthesis, solid phase chemistry and polymer-assisted solution synthesis. Design of a library, synthesis, analysis, prediction of physicochemical and biological properties. Evaluation of synthetic methods. Applications of solid phase synthesis: biopolymers and natural products, combinatorial libraries, analytical applications.</p>	K_W04, K_U04
-----	--	--	--------------

56.	<p>Komputerowe projektowanie i modelowanie nowych materiałów (PDW)</p> <p>Computer design and modeling of new materials (Elective course)</p>	<p>Ogólne założenia modelowania molekularnego. Metody mechaniki molekularnej – sformułowanie, przybliżenia i zastosowania do układów biologicznych i nano. Krótki opis zaawansowanych metod chemii kwantowej – metoda Hartree-Focka, metody półempiryczne, metody ab initio, bazy funkcyjne używane w obliczeniach ab initio, metody post-HF jak MPn, CI i CC. Metody sformułowane na podstawie teorii funkcjonałów gęstości (DFT). Przewidywania właściwości molekularnych istotnych przy projektowaniu nowych materiałów. Przybliżenie Borna-Oppenheimera i powierzchnia energii potencjalnej (PES). Minimalizacja energii i metody związane z badaniem PES – określenie stabilnych struktur, struktur stanu przejściowego i dróg reakcji. Algorytmy genetyczne. Metody kwantowo-chemicznej topologii analizy natury wiązań chemicznych: atomy w molekułach (AIM) funkcja lokalizacji elektronu (ELF). Obliczenia elektronowych stanów wzbudzonych – metody CI i DTDFT (struktura i właściwości). Teoria oddziaływań międzycząsteczkowych – analiza składowych energii. Modelowanie nowych materiałów bazujących na fulerenach i grafenie. Projektowanie nowych leków – podejście QSAR.</p> <p>General aspects of molecular modelling. Molecular mechanics (MM) methods – formulations, approximations and application to biological and nano systems. Short description of advanced quantum chemical methods: the Hartree-Fock method, semiempirical methods, ab initio methods, basis sets used in ab initio calculations, post-HF methods like MPn, CI and CC. Methods formulated on base on density functional theory (DFT). Prediction of molecular properties important to design of new materials. The Born-Oppenheimer approximation and potential energy surface (PES). Energy minimization and related methods for exploring the PES – determination stable structures, transition state structures and reaction pathways. Genetic algorithms. Quantum chemical topology methods for analysis of the chemical bond nature: Atoms in Molecules (AIM) and Electron Localization Function (ELF). Calculations of excited states – CI and DTDFT methods (structure and properties). Theory of intermolecular interactions – energy decomposition analysis. Modelling of new materials on base of fullerenes and graphene. Design of new medical drugs – QSAR approach.</p>	K_W04, K_U03, K_U04, K_K04
57.	<p>Chemia w działaniu: pomysły i zastosowania (PDW)</p> <p>Chemistry in action: ideas and applications (Elective course)</p>	<p>Wykład ma charakter przekrojowy i porusza zagadnienia związane z wieloma dziedzinami chemii: środki kontrastujące dla diagnostyki medycznej, maszyny molekularne, sensory, przełączniki molekularne, nanotechnologia i komputery molekularne, historia Viagry i tlenu azotu, kataliza enancjoselektywna w przemyśle farmaceutycznym, sztuczne nukleazy i antysensowa terapia genowa, materiały optyczne, magnetyczne i przewodzące.</p> <p>The lecture encompasses selected examples related to many areas of chemistry: Smart contrast agents for medical imaging, molecular machines, sensors, molecular switches, nanotechnology and molecular computers, NO and Viagra story, enantioselective catalysts in pharmaceutical industry, artificial nucleases and antisense technology, optical, conducting and magnetic materials</p>	K_W01, K_W06,

58.	<p>Kataliza i zielona chemia (PDW)</p> <p>Catalysis and green chemistry</p> <p>(Elective course)</p>	<p>Zjawisko katalizy. Elementarne etapy reakcji katalitycznych. Mechanizm reakcji katalitycznej, parametry oceny aktywności katalitycznej. Metody badania mechanizmu reakcji katalitycznej. Charakterystyka procesów katalizy homogenicznej i heterogenicznej. Katalizatory immobilizowane i nanocząstkowe. Zastosowanie reakcji katalitycznych w syntezie organicznej i w przemyśle – reakcje utleniania, uwodornienia, hydroformylowania, karbonylowania, metatezy, sprzęgania C-C. Metody rozdziału katalizatora od produktów reakcji.</p> <p>Phenomenon of catalysis, elementary steps of catalytic reactions. Mechanism of catalytic reaction and methods used in mechanistic studies. Evaluation of catalytic activity and reaction selectivity. Characterization of homogenous and heterogeneous catalytic systems. Immobilised catalysts and nanoparticles in catalysis. Application of catalytic reactions in organic synthesis and industry – oxidation, hydrogenation, hydroformylation, carbonylation, metathesis, C-C coupling. Methods used for recovery of catalyst from reaction mixture (biphasic systems, ionic liquids, supercritical fluids). Application of alternative energy sources in catalytic reactions.</p>	K_W01, K_W03, K_W06, K_U01, K_U02, K_U03, K_K02
59.	<p>Biologiczna chemia nieorganiczna (PDW)</p> <p>Biological inorganic chemistry</p> <p>(Elective course)</p>	<p>Metale w procesach biologicznych. Metale podstawowe i toksyczne. Relacje między właściwościami chemicznymi jonu metalu, strukturą jego kompleksów a funkcją biologiczną. Metaloproteiny. Metaloenzymy. Metale w biologii kwasów nukleinowych. Transport i magazynowanie (homeostaza) metali na przykładzie żelaza, miedzi i cynku. Rola jonów sodu i potasu w utrzymaniu potencjału błonowego i transmisji synaptycznej. Magnez i wapń w układach biologicznych. Cynk – kwas Lewisa i regulator kwasowości. Żelazo – element niezbędny do życia. Miedź – oddziaływania z ditlenem. Nikiel i kobalt – ewolucyjne relikty. Mangan – generowanie tlenu i detoksykacja. Molibden, wolfram, wanad i chrom – chemia i biochemia. Wybrane metody analizy metaloenzymów i kompleksów jonów metali z cząsteczkami o znaczeniu biologicznym. Metale w medycynie, wprowadzenie do chemii leków nieorganicznych.</p> <p>Metals in biological processes. Essential and toxic metal ions. Relations between chemical properties of metal ions, structure of their complexes and their biological functions. Metalloproteins. Metalloenzymes. Metals in biology of nucleic acids. Transport, storage and homeostasis of metal ions. Sodium and potassium—channels and pumps. Magnesium and calcium in biological systems. Zinc: Lewis acid and gene regulator. Iron: essential for almost all life. Copper: coping with dioxygen. Nickel and cobalt: evolutionary relics. Manganese: water splitting, oxygen atom donor. Molybdenum, tungsten, vanadium and chromium – chemistry and biochemistry. Selected methods of analysis of metal ions complexes with bio-ligands. Metals in medicine, introduction to chemistry of inorganic drugs.</p>	K_W01, K_W06
60.	<p>Chemia białek (PDW)</p> <p>Protein chemistry</p> <p>(Elective course)</p>	<p>Właściwości chemiczne aminokwasów. Struktury białek. Synteza peptydów i peptydomimetyków. Oczyszczanie i charakterystyka białek. Chemiczne i enzymatyczne modyfikacje białek. Wdrożenie metod prezentowanych na wykładzie do izolacji i analizy białek.</p> <p>Chemical properties of amino acids. Protein structures. Synthesis of peptides and peptidomimetics. Protein purification and characterization. Chemical and enzymatic modifications of proteins. Implementation of methods presented in the lecture. For protein isolation and analysis.</p>	K_W01, K_W05, K_W06, K_U01, K_U04, K_K01, K_K03

61.	<p>Chemia bioorganiczna (PDW)</p> <p>Bioorganic chemistry (Elective course)</p>	<p>Cząsteczki o znaczeniu biologicznym: wiązania chemiczne i kształt cząsteczek organicznych, nukleotydy i kwasy nukleinowe, aminokwasy, peptydy i białka, węglowodany i lipidy, „Produkty naturalne” – metabolity wtórne.</p> <p>Aktywność biologiczna: ilościowe aspekty aktywności biologicznej, przykłady miejsc działania substancji aktywnych biologicznie, cząsteczki oddziałujące z kwasami nukleinowymi, inhibitory enzymów i cząsteczki odpowiadające za oddziaływanie z integrynami, projektowania związków aktywnych biologicznie.</p> <p>Isolacja produktów naturalnych ze źródeł biologicznych. Chemiczna i spektroskopowa charakterystyka związków organicznych. Metody chromatograficzne (TLC, chromatografia żelowa, HPLC). Chemia peptydów – synteza i analiza sekwencji.</p> <p>Molecules of Life: Chemical bonds and shape of organic molecules, Nucleotides and nucleic acids, amino acids, peptides and proteins, carbohydrates and lipids, „Natural Products” – secondary metabolites,</p> <p>Biological Activity: quantitative aspects of biological activity, examples of molecular targets: receptors, ion channels and their ligands, molecules interacting with nucleic acids, enzyme inhibitors and molecules interacting with proteins involved in cellular adhesion, designing of biologically active compounds.</p> <p>Isolation of natural products from biological sources. Chemical and spectroscopic characterization of organic compounds. Chromatographic methods: TLC, gel filtration, HPLC. Peptide chemistry: synthesis and sequence analysis.</p>	<p>K_W01, K_W05, K_W06, K_U01, K_U04, K_K01, K_K03</p>
-----	---	---	--

62.	<p>Analityczne metody w badaniach dziedzictwa kulturowego (PDW)</p> <p>Analytical methods in cultural heritage research (Elective course)</p>	<p>Metodologia badań obiektów archeologicznych i dzieł sztuki stosowana w chemii konserwatorskiej. Metody i techniki fizykochemiczne spektroskopia podczerwona, Ramana, ATR, XRD, XRF, SEM-EDX, UV-VIS, radiografia cyfrowa i inne) stosowane w badaniach obiektów zabytkowych: materiałów malarskich takich jak pigmenty, barwniki i spoiwa; ceramiki i historycznych materiałów budowlanych; materiałów rękopiśmienniczych i papieru; metali i stopów; żywic naturalnych; drewna; minerałów; materiałów stosowanych w konserwacji. Procesy degradacji materiałów zabytkowych. Zagadnienia dotyczące badania autentyczności obiektów zabytkowych. Metody datowania obiektów zabytkowych (np. dendrochronologia, metody izotopowe, termoluminescencja, datowanie C14). Identyfikacja pochodzenia obiektów archeologicznych za pomocą badań fizykochemicznych. Badania pochodzenia minerałów i kamieni szlachetnych. Synteza historycznych pigmentów i farb. Opracowanie testów identyfikacyjnych dla otrzymanych farb oraz spoiw w oparciu o metody analizy jakościowej. Identyfikacja nieznanych pigmentów i spoiw w oparciu o metody analizy jakościowej i spektrometrii Ramana. Identyfikacja materiałów zabytkowych za pomocą technik spektroskopowych – spektroskopia podczerwona, ATR, spektroskopia Ramana, SEM-EDS. Zapoznanie z zagadnieniami prawnymi i etycznymi związanymi z badaniami z zakresu chemii konserwatorskiej. Doskonalenie umiejętności pisania sprawozdań i opracowania danych uzyskanych z przeprowadzonych badań oraz poszukiwania informacji naukowej.</p> <p>Research methodology of archaeological objects and works of art used in conservation chemistry. Physical and chemical methods and techniques (infrared spectroscopy, Raman, ATR, XRD, XRF, SEM-EDX, UV-VIS, digital radiography and others) used in the study of historic objects: painting materials such as pigments, dyes and binders; ceramics and historical building materials; writing materials and paper; metals and alloys; natural resins; wood; minerals; maintenance materials. Degradation processes of historic materials. Issues related to the examination of the authenticity of historic objects. Methods of dating historic objects (e.g. dendrochronology, isotopic methods, thermoluminescence, C14 dating). Identification of the origin of archaeological objects using physicochemical tests. Research on the origin of minerals and precious stones. Synthesis of historical pigments and paints. Development of identification tests for the obtained paints and binders based on qualitative analysis methods. Identification of unknown pigments and binders based on the methods of qualitative analysis and Raman spectrometry. Identification of historic materials using spectroscopic techniques - infrared spectroscopy, ATR, Raman spectroscopy, SEM-EDS. Familiarization with legal and ethical issues related to research in the field of conservation chemistry. Improving the skills of writing reports and processing data obtained from conducted research and searching for scientific information.</p>	K_W01, K_W05, K_W06, K_U01, K_U04, K_K01, K_K03
-----	---	--	---

6. Plan studiów

Rok studiów: I

Semestr: pierwszy

Przedmiot	O/ F	Forma zajęć				Liczba godzin zajęć	Sposób weryfikacji	Punkty ECTS	Dyscyplina, do której odnosi się przedmiot.
		W	S	L	Inne				
Zaawansowane metody eksperymentalne	O	90				90	E	8	Nauki chemiczne
Metody komputerowe w chemii II	O	15		30		45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Kurs BHP	O				4	4	Z	0	
Blok specjalnościowy I (przedmiot obowiązkowy dla wybranej specjalności)	O					135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Razem						274	3E	29	
Specjalność chemia fizyczna: Praktyczne i teoretyczne podstawy pomiarów fizykochemicznych	O	60	15	60		135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Specjalność chemia organiczna: Współczesna synteza organiczna - teoria i praktyka	O	60	15	60		135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Specjalność chemia nieorganiczna i kataliza: Związki metali przejściowych w katalizie	O	45	15	75		135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Specjalność analityka instrumentalna: Analityka Instrumentalna I	O	45	30	60		135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Specjalność chemia materiałów dla nowoczesnych technologii: Zastosowania materiałów chemicznych	O	60	15	60		135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne

Rok studiów: I**Semestr: drugi**

Przedmiot	O/ F	Forma zajęć			Liczba godzin zajęć	Sposób weryfikacji	Punkty ECTS	Dyscyplina, do której odnosi się przedmiot.
		W	S	L				
Modelowanie molekularne	O	30	15	30	75	E/Z/Z	11	Nauki chemiczne
Lektorat B2+*	O		60		60	E	4*	
Blok specjalnościowy II (przedmiot obowiązkowy dla wybranej specjalności)	O				135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Razem					270	3E	30	
Specjalność chemia fizyczna : Zastosowane techniki pomiarów fizykochemicznych	O	60	15	60	135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Specjalność chemia organiczna : Zaawansowana synteza i analiza spektroskopowa związków organicznych	O	30	15	90	135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Specjalność chemia nieorganiczna i kataliza : Struktura i reaktywność związków kompleksowych metali	O	45	15	75	135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Specjalność analityka instrumentalna : Analityka Instrumentalna II	O	30	15	90	135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne
Specjalność chemia materiałów dla nowoczesnych technologii : Wybrane zagadnienia z fizyki i chemii ciała stałego. Własności materiałów i metody badawcze	O	60	15	60	135	E/Z/Z	15	Nauki chemiczne

*Lektorat z języka nowożytnego do wyboru, poziom B2+

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 1: 29

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 2: 30

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 1: 274

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 2: 270

Rok studiów: II**Semestr: trzeci**

Przedmiot	O/ F	Forma zajęć			Liczba godzin zajęć	Sposób weryfikacji	Punkty ECTS	Dyscyplina do której odnosi się przedmiot.
		W	S	L				
Pracownia magisterska	O**						11	Nauki chemiczne
Przedmioty do wyboru z puli poniżej	F				180		21	
Razem					180	4E	32	
Biospektroskopia oscylacyjna	F	30		15	45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Chemia kryminalistyczna	F	7	14	24	45	E/Z/Z	6	Nauki chemiczne
Chemia w archeologii i sztuce	F	30		15	45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Chemometria	F	15		30	45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Fotochemia stosowana	F	15		30	45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Kataliza w ochronie środowiska	F	15		30	45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Magnetyzm molekularny	F	30		15	45	E/Z	6	Nauki chemiczne

Metody dynamiki molekularnej ab initio	F	15		30	45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Polimery w medycynie	F	15	15	15	45	E/Z/Z	6	Nauki chemiczne
Projektowanie materiałów luminescencyjnych	F	15		30	45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Współczesne metody analiz	F	15		30	45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Współczesne metody chromatograficzne	F	15		30	45	E/Z	6	Nauki chemiczne
Krystalografia	F	30		30	60	E/Z	6	Nauki chemiczne
Chemia pierwiastków f-elektronowych	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Fizykochemia dielektryków	F	15		15	30	E/Z	3	Nauki chemiczne
Kataliza z udziałem związków metali	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Oddziaływania molekularne	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Promieniowanie jonizujące w obrazowaniu medycznym	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Spektrometria mas	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Spektroskopia fluorescencyjna	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne

Zastosowanie spektroskopii EPR w nauce i w przemyśle	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Synteza organiczna na nośniku stałym	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Wprowadzenie do chemii supramolekularnej	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Współczesna synteza organiczna	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Współczesne techniki NMR w chemii organicznej	F	15	15		30	E/Z	3	Nauki chemiczne
Wybrane tematy medycyny molekularnej	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Zastosowania materiałów chemicznych	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne
Zastosowanie metod topologicznych w chemii	F	30			30	E	3	Nauki chemiczne

Rok studiów: II**Semestr: czwarty**

Przedmiot	O/ F	Forma zajęć			Liczba godzin zajęć	Sposób weryfikacji	Punkty ECTS	Dyscyplina, do której odnosi się przedmiot.
		W	S	L				
Seminarium magisterskie	O		30		30	Z	6	Nauki chemiczne
Przedsiębiorczość i ochrona własności intelektualnej	O	15			15	Z	2	Ekonomia i finanse/Nauki prawne
Pracownia magisterska**	O					Z	18	Nauki chemiczne
Komunikacja wizerunkowa/Nauka a popnauka w dyskursie medialnym*	F	30			30	Z	3	Nauki o komunikacji społecznej i mediach
Razem					75		29	

*jeden do wyboru

**Pracownia magisterska (eksperymentalny projekt badawczy) realizowana jest w wybranym Zespole badawczym. Projekt kończy się napisaniem pracy magisterskiej i jej obroną na egzaminie magisterskim.

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 3: 32

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 4: 29/

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 3: 180/

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 4: 75/

Łączna liczba godzin w ciągu studiów: 799

Łączna liczba punktów ECTS: 120, z tego 57 ECTS z przedmiotów do wyboru (47,5 %)

6a Plan studiów, specjalność : Zaawansowana synteza w chemii (w języku angielskim) / Study plan speciality: Advanced synthesis in chemistry

Rok studiów: I/ Year of study: I

Semestr: pierwszy/ 1st Semester

Przedmiot/Course	O/ F	Forma zajęć Course form				Liczba godzin zajęć No. of class hours	Sposób weryfikacji Assessment method	Punkty ECTS ECTS credits	Dyscyplina, do której odnosi się przedmiot Scientific disciplines to which the course
		W	S	L	Inne				
Bezpieczeństwo w laboratorium chemicznym Safety in a chemical laboratory	O	15		15		30	E/Z	2	Nauki chemiczne Chemical sciences
Zaawansowana chemia organiczna (Blok I) Advanced organic chemistry (Block I)	O	90	30	75		195	E/Z/Z	17	Nauki chemiczne Chemical sciences
Kurs BHP Health and safety course	O				4	4	Z	0	
Przedmioty do wyboru I * Elective Courses I *	F					105	Z	10	Nauki chemiczne Chemical sciences
Język polski dla cudzoziemców** Polish for Foreigners**	O		30			30	Z		
Razem						364	2E	29	

* Przedmioty do wyboru z tabeli poniżej, z wykazem przedmiotów do wyboru/ Elective Courses from the Table below with a list of courses

** Lektorat języka polskiego jest obowiązkowy wyłącznie dla cudzoziemców, zgodnie z odrębnymi regulacjami na UWr. 5 punktów ECTS uzyskanych za jego zaliczenie nie wlicza się do puli 120 punktów ECTS wymaganych do ukończenia studiów./ Polish course is obligatory for foreigners only, subject to separate University regulations. 5 ECTS credits gained for this course do not count for the total of 120 ECTS credits required to complete the curriculum and get the degree.

Rok studiów: I / Year of study: I**Semestr: drugi/ 2nd Semester**

Przedmiot/Course	O/ F	Forma zajęć Course form			Liczba godzin zajęć No. of class hours	Sposób weryfikacji Assessment method	Punkty ECTS ECTS credits	Dyscyplina, do której odnosi się przedmiot Scientific disciplines to which the course is related
		W	S	L				
Zaawansowana chemia nieorganiczna (Blok II) Advanced inorganic chemistry (Block II)*	O	60	45	90	195	E/Z/Z	17	Nauki chemiczne Chemical sciences
Modelowanie molekularne Molecular modeling	O	20	15	30	65	E/Z/Z	9	Nauki chemiczne Chemical sciences
Język polski dla cudzoziemców** Polish for Foreigners**	O		30		30	E	5**	
Lektorat/ Language course***	F		60		60	E	4***	
Razem					350	4E	30	

** Lektorat języka polskiego jest obowiązkowy wyłącznie dla cudzoziemców, zgodnie z odrębnymi regulacjami na UW. 5 punktów ECTS uzyskanych za jego zaliczenie nie wlicza się do puli 120. punktów ECTS wymaganych do ukończenia studiów./ Polish course is obligatory for foreigners only, subject to separate University regulations. 5 ECTS credits gained for this course do not count for the total of 120 ECTS credits required to complete the curriculum and get the degree.

***Lektorat z języka nowożytnego do wyboru, poziom B2⁺

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 1: 29/ Total number of ECTS credits , 1st Semester: 29

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 2:32/ Total number of ECTS credits , 2nd Semester: 30

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 1: 345/ Total number of hours of classes, 1st Semester: 364

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 2: 320/ Total number of hours of classes, 2nd Semester: 350

Rok studiów: II/Year of study: II**Semestr: trzeci/ 3rd Semester**

Przedmiot/Course	O/ F	Forma zajęć Course form			Liczba godzin zajęć No. of class hours	Sposób weryfikacji Assessment method	Punkty ECTS ECTS credits	Dyscyplina, do której odnosi się przedmiot Scientific disciplines to which the course is related
		W	S	L				
Pracownia magisterska*** Master's Degree Project	O					17	Nauki chemiczne Chemical sciences	
Przedmioty do wyboru II* Elective Courses II*	F				150	E	14	Nauki chemiczne Chemical sciences
Razem					150	1E	31	

*Przedmioty do wyboru z tabeli poniżej/ Elective Courses from the Table below

*** Student realizuje projekt magisterski przez dwa semestry, w jednej z grup badawczych wydziału. Liczba godzin zajęć związanych z realizacją projektu zależy od jego specyfiki i dlatego pozostaje nieokreślona. Projekt kończy się napisaniem pracy magisterskiej i jej obroną na egzaminie magisterskim.

/ Upon choosing the topic of his/her Master thesis, the student carries out the Master's Degree Project in one of the research groups at the Faculty. The number of class hours is project-specific, and hence, remains undefined. The project ends with the writing of a master's thesis and its defense at the master's exam.

Rok studiów: II/ Year of study: II**Semestr: czwarty/ 4th Semester**

Przedmiot/Course	O/ F	Forma zajęć Course form			Liczba godzin zajęć No. of class hours	Sposób weryfikacji Assessment method	Punkty ECTS ECTS credits	Dyscyplina, do której odnosi się przedmiot Scientific disciplines to which the course is related
		W	S	L				
Przedsiębiorczość I ochrona własności intelektualnej Entrepreneurship and protection of intellectual property	O	15			15	E	2	Ekonomia i finanse/Nauki prawne Economics and finance/Law
Komunikacja, wolność słowa i inne prawa i wolności człowieka w demokratycznym społeczeństwie Communication, speech freedom and other human rights and freedoms in democratic society	O	30			30	Z	3	Nauki o komunikacji społecznej i mediach Communication and media studies
Pracownia magisterska *** Master's Degree Project	O					Z	19	Nauki chemiczne Chemical sciences
Seminarium magisterskie Master's Seminar	O		30		30	Z	6	Nauki chemiczne Chemical sciences
Razem					75	1E	30	

*** Student realizuje projekt magisterski przez dwa semestry, w jednej z grup badawczych wydziału. Liczba godzin zajęć związanych z realizacją projektu zależy od jego specyfiki i dlatego pozostaje nieokreślona. Projekt kończy się napisaniem pracy magisterskiej i jej obroną na egzaminie magisterskim.

/ Upon choosing the topic of his/her Master thesis, the student carries out the Master's Degree Project in one of the research groups at the Faculty. The number of class hours is project-specific, and hence, remains undefined. The project ends with the writing of a master's thesis and its defense at the master's exam.

Przedmioty do wyboru I i II*/Elective Courses I and II*	F	Forma zajęć Course form			Liczba godzin zajęć No. of class hours	Sposób weryfikacji Assessment method	Punkty ECTS ECTS credits	Dyscyplina, do której odnosi się przedmiot Scientific disciplines to which the course is related
		W	S	L				
Chemia kombinatoryczna Combinatorial chemistry	F	15		30	45	Z	4	Nauki chemiczne Chemical sciences
Zastosowanie materiałów chemicznych The use of chemical materials	F	30			30	Z	3	Nauki chemiczne Chemical sciences
Komputerowe projektowanie i modelowanie nowych materiałów Computer design and modeling of new materials	F	30		15	45	Z	4	Nauki chemiczne Chemical sciences
Chemia w działaniu: pomysły i zastosowania Chemistry in action: ideas and applications	F	45			45	Z	4	Nauki chemiczne Chemical sciences
Kataliza i zielona chemia Catalysis and green chemistry	F	15		45	60	Z	6	Nauki chemiczne Chemical sciences
Biologiczna chemia nieorganiczna Biological inorganic chemistry	F	30			30	Z	3	Nauki chemiczne Chemical sciences
Chemia bioorganiczna Bioorganic chemistry	F	15		15	30	Z	3	Nauki chemiczne Chemical sciences
Chemia białek Protein chemistry	F	15		15	30	Z	3	Nauki chemiczne Chemical sciences
Magnetyzm molekularny Molecular magnetism	F	15		15	30	Z	3	Nauki chemiczne Chemical sciences
Analityczne metody w badaniach dziedzictwa kulturowego Analytical methods in cultural heritage research	F	30		15	45	Z	4	Nauki chemiczne Chemical sciences

Łączna liczba punktów ECTS, semestr 3: 30/ Total number of ECTS credits , 3rd Semester: 31
Łączna liczba punktów ECTS, semestr 4: 29/ Total number of ECTS credits , 4th Semester:: 30
Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 3: 150/ Total number of hours of classes, 3rd Semester: 150
Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 4: 75 / Total number of hours of classes, 4th Semester: 75

Łączna liczba godzin w ciągu studiów: 939/ Total number of hours during studies: 935
Łączna liczba punktów ECTS w ciągu studiów: 120, z tego 63 ECTS z przedmiotów do wyboru (52,5 %) / Total number of ECTS credits: 120, including 63 ECTS in electives (52.5%)

OBJAŚNIENIA/ EXPLANATIONS

O/F - Charakter przedmiotu: O – obowiązkowy, F – fakultatywny. / Character of the course: O – mandatory, F – elective.

Forma zajęć: W – wykład, L – laboratorium, S – seminarium, K - konwersatorium/ **Course form:** W – lecture, L – laboratory, S, K – seminar.

Sposób weryfikacji: E – egzamin, Z – zaliczenie na ocenę. / **Assessment method:** E – exam, Z – passing with grade.