

4. Opis efektów uczenia się zdefiniowanych dla programów studiów w odniesieniu do charakterystyk drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji dla kwalifikacji na poziomie 6, uzyskiwanych w ramach systemu szkolnictwa wyższego i nauki po uzyskaniu kwalifikacji pełnej na poziomie 4.

Symbol efektu uczenia się dla programu studiów	Efekty uczenia się dla kierunku studiów. Po ukończeniu studiów pierwszego stopnia na kierunku Zielona Chemia absolwent uzyska efekty uczenia się w zakresie:	Odniesienie do charakterystyk drugiego stopnia PRK (kody)
WIEDZA		
K_W01	Posiada wiedzę w zakresie podstawowych działów chemii a w zaawansowanym stopniu w zakresie zielonej chemii i chemii środowiska, posługuje się właściwą terminologią i nomenklaturą chemiczną, rozumie relacje pomiędzy strukturą i reaktywnością.	P6S_WG
K_W02	Zna i rozumie złożone zależności pomiędzy chemią i fizyką opisującą problemy energetyki, która wykorzystuje odnawialne źródła energii i energetyki wodorowej.	P6S_WG
K_W03	Zna podstawy matematyki wyższej, opisuje i analizuje zjawiska fizyczne i procesy chemiczne adekwatnym aparatem matematycznym.	P6S_WG
K_W04	Zna metody obliczeniowe oraz narzędzia informatyczne umożliwiające rozwiązywanie typowych problemów z zakresu chemii.	P6S_WG
K_W05	Dysponuje podstawową wiedzą w zakresie budowy, funkcjonowania i zastosowania wybranej aparatury kontrolno-pomiarowej.	P6S_WG
K_W06	Posiada wiedzę z zakresu zasad bezpiecznej pracy w laboratorium, umożliwiającą odpowiedzialne stosowanie nabytej wiedzy w praktyce zawodowej.	P6S_WK
K_W07	Zna i rozumie fundamentalne zasady współczesnej cywilizacji, które odnoszą się do zrównoważonego rozwoju i bezpieczeństwa energetycznego.	P6S_WK
K_W08	Zna aspekty ekonomiczne, prawne i etyczne związane z działalnością zawodową w zakresie zrównoważonej chemii, produkcji i magazynowania energii.	P6S_WK
K_W09	Posiada podstawową wiedzę z tematyki prawa autorskiego, ochrony własności intelektualnej i własności przemysłowej oraz systemu informacji patentowej.	P6S_WK
K_W10	Rozumie podstawy przedsiębiorczości, pozwalające planować formę indywidualnego rozwoju zawodowego w branży chemicznej.	P6S_WK
UMIEJĘTNOŚCI		
K_U01	Potrafi stosować zdobytą wiedzę do opisu zjawisk fizycznych i procesów chemicznych oraz rozwiązywania problemów z zakresu zrównoważonej chemii i transformacji energetycznych.	P6S_UW
K_U02	Potrafi planować i wykonać badania eksperymentalne oraz rozwiązywać proste problemy z chemii o charakterze jakościowym i ilościowym.	P6S_UW
K_U03	Wykorzystuje odpowiednie techniki laboratoryjne i metody badawcze do syntez i charakterystyki związków chemicznych.	P6S_UW

K_U04	Stosuje podstawowe metody statystyczne i numeryczne oraz techniki i narzędzia informatyczne do opisu procesów chemicznych i analizy danych eksperymentalnych.	P6S_UW
K_U05	Przedstawia wyniki prac laboratoryjnych w postaci form pisemnych lub prezentacji multimedialnych oraz weryfikuje je z danymi literaturowymi.	P6S_UK
K_U06	Posiada umiejętności opracowania i prezentacji problemów z chemii, w tym z zielonej chemii i energetyki ze źródeł odnawialnych.	P6S_UK
K_U07	Potrafi wykorzystywać metody zielonej chemii, zasady recyklingu, zrównoważonej gospodarki surowcami i chemikaliami w organizacji pracy indywidualnej i zespołowej.	P6S_UW, P6S_UO
K_U08	Potrafi samodzielnie zdobywać wiedzę i planować własny rozwój zawodowy.	P6S_UU
K_U09	Wybiera niezbędne informacje z literatury specjalistycznej w języku polskim i angielskim, opisuje i dyskutuje aktualne zagadnienia związane ze zrównoważoną chemią oraz koniecznymi transformacjami w energetyce, w tym informacje dotyczące gromadzenia i wykorzystania energii wodorowej.	P6S_UW, P6S_UK
K_U10	Posługuje się językiem obcym na poziomie B2 określonym dla Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego.	P6S_UK
KOMPETENCJE SPOŁECZNE		
K_K01	Potrafi zastosować zdobytą wiedzę do rozwiązywania problemów, rozumie potrzebę weryfikacji wiedzy i ciągłego jej zdobywania oraz podnoszenia kompetencji zawodowych.	P6S_KK
K_K02	Posiada umiejętność organizowania pracy zespołowej i realizacji powierzonych zadań na rzecz gospodarki i środowiska.	P6S_KO
K_K03	Potrafi osiągać cel określonego zadania, działa w sposób przedsiębiorczy.	P6S_KO
K_K04	Jest gotów do odpowiedzialnego pełnienia ról zawodowych, z zachowaniem zasad etyki zawodowej i wymagania tego od innych. Dbą o dorobek i tradycje zawodu.	P6S_KR

Objaśnienie symboli:

PRK – Polska Rama Kwalifikacji

P6S_WG– kod składnika opisu kwalifikacji dla poziomu 6, w charakterystykach drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji

K_W - kierunkowe efekty uczenia się w zakresie wiedzy

K_U - kierunkowe efekty uczenia się w zakresie umiejętności

K_K - kierunkowe efekty uczenia się w zakresie kompetencji społecznych

01, 02, 03 i kolejne - kolejny numer kierunkowego efektu uczenia się

5. Treści programowe

I.p.	Nazwa przedmiotu	Treści programowe	Efekty uczenia się dla przedmiotu/ modułu zajęć
1.	Podstawy chemii	Chemia – jej obszar zainteresowań, znaczenie i wizerunek. Teoria atomowa. Podstawowe prawa chemiczne; pierwiastki chemiczne, związki chemiczne, mieszaniny; mol, masa molowa; reakcje chemiczne – typy, stechiometria; budowa atomu, liczba atomowa, liczba masowa, orbitale, zasady zapęalniania, reguła Hunda, zakaz Pauliego; struktura elektronowa a układ okresowy, prawo okresowości; wiązania chemiczne, elektryczność; hybrydyzacja, symetria cząsteczek, teoria VSEPR; oddziaływania międzycząsteczkowe, stany skupienia materii, przemiany fazowe; równowaga chemiczna; roztwory wodne, rozpuszczalność, dysocjacja, kwasy i zasady, pH; efekty cieplne reakcji chemicznych, kryteria samorzutności reakcji; szybkość reakcji chemicznych; podstawy elektrochemii. Podstawowe obliczenia chemiczne – sposoby wyrażania ilości substancji, wyznaczanie wzorów chemicznych, sposoby wyrażania składu mieszanin, przeliczanie stężeń, obliczenia stechiometryczne, prawa gazowe, równowagi w fazie gazowej, obliczenia pH roztworów wodnych. Podstawowy sprzęt i czynności laboratoryjne, metody rozdzielania i oczyszczania substancji, przygotowywanie roztworów, reakcje chemiczne w roztworach wodnych, reakcje redoks.	K_W01, K_U01, K_U08
2.	Transformacja energetyczna	Podstawowe pojęcia obejmujące postacie, zakresy działania, rodzaje, nośniki i przemiany energii. Konwencjonalne sposoby produkcji energii elektrycznej, cieplnej i mechanicznej. Odnawialne i nieodnawialne zasoby energii. Krajowy system energetyczny (elektrownie, elektrociepłownie, wytwarzanie, dystrybucja i odbiory). Miks energetyczny. Źródła, motywacja i cel transformacji energetycznej. Kategorie bezpieczeństwa w transformacji energetycznej (ekonomiczne, surowcowe, energetyczne, ekologiczne). Koncepcja zrównoważonego rozwoju. Uwarunkowania polityki energetycznej w Europie i na świecie. Podstawy europejskiej polityki energetycznej. Elementy i narzędzia europejskiej transformacji energetycznej, w szczególności takie jak efektywność energetyczna, odnawialne źródła energii i koncepcja unii energetycznej. Rynek uprawnień emisyjnych.	K_W02, K_W07
3.	Matematyka	Liczby rzeczywiste i zespolone; podstawowe funkcje elementarne: wielomiany, funkcje trygonometryczne i logarytmy; pochodna; zastosowania rachunku różniczkowego funkcji jednej zmiennej; koncepcja całki Riemanna, metody obliczania całek i ich zastosowania w fizyce i chemii; szeregi liczbowe i szeregi funkcyjne (potęgowe i Fouriera); układy równań liniowych, macierze i wyznaczniki; podstawy rachunku różniczkowego funkcji wielu zmiennych; najważniejsze typy równań różniczkowych; elementy teorii grup; grupy symetrii.	K_W03
4.	Fizyka	Kinematyka punktu materialnego, zasady dynamiki Newtona, zasady zachowania energii, zderzenia ciał, zasada zachowania pędu, moment bezwładności, moment siły, moment pędu, druga zasada dynamiki dla ruchu obrotowego, ruch harmoniczny, ładunki i pole elektryczne, prawo Gaussa, pojemność elektryczna, prąd elektryczny, pole	K_W02, K_W03, K_U01

		magnetyczne, indukcja elektromagnetyczna, prąd zmienny, fale elektromagnetyczne, polaryzacja fal, interferencja fal, dyfrakcja.	
5.	Chemia analityczna z elementami analizy środowiska	Podstawowe pojęcia w analizie chemicznej. Równowagi chemiczne w układach homogennych oraz w układach heterogennych. Czynniki wpływające na przesunięcie stanu równowagi chemicznej i jego konsekwencje analityczne. Reakcje w roztworach niewodnych. Zastosowanie cieczy jonowych do ekstrakcji. Definiowanie problemu analitycznego, wybór odpowiednich metod analizy. Postępowanie analityczne (pobieranie, utrwalanie, transport, przygotowanie, rozpuszczanie/roztwarzanie, sposoby usuwania interferencji, obserwacja analityczna, ocena wiarygodności wyniku). Analiza próbki środowiskowej. Ewaluacja/ocena metody oraz wyciąganie wniosków analitycznych. Podstawy analizy statystycznej wyników doświadczalnych. Błędy oznaczeń. Procedura i protokół poboru próbki zgodnie z obowiązującymi normami. Normy a prawo UE :Europejski system zapewniania bezpieczeństwa, normy w systemie oceny zgodności i normy zharmonizowane. Główne techniki analityczne uwzględniające identyfikację, maskowanie, rozdział oraz oparte na w/w równowagach klasyczne metody ilościowego oznaczania pierwiastków (metody objętościowe i wagowe). Granica wykrywalności i oznaczalności. Ocena wiarygodności metod analitycznych i oszacowanie błędów. Oddziaływania międzyjonowe, prawo Debay'a-Hückla. Reakcje w układach jednofazowych. Elektrolity mocne, słabe, wieloprotonowe, roztwory buforowe, elektrolity amfiprotyczne. Równowagi red-ox. Równowagi kompleksowania. Reakcje w układach wielofazowych. Strącanie osadów, rozpuszczalność. Krzywe miareczkowania. Wybrane reakcje identyfikacji kationów. Specjalne metody analizy: kroplowa i mikrokryształiczna. Klasyfikacja i badania wstępne w analizie anionów. Krzywe miareczkowania, dobór wskaźników – alkaucymetria, metody redoksymetryczne, kompleksometryczne, strąceniowe. Analiza wagowa.	K_W01, K_U02
6.	Metody komputerowe w chemii	Podstawy Matlab, zastosowanie Matlab do analizy danych, podstawy programowania w Matlabie, wyszukiwanie informacji naukowej w zasobach Internetu oraz specjalistycznych bazach danych (Chemical Abstracts), rysowanie struktur związków chemicznych, przygotowanie multimedialnej prezentacji na zadany temat, praktyczne opanowanie podstaw Matlab, zastosowanie Matlab do: numerycznej analizy danych, statystycznej analizy danych, graficznej prezentacji wyników, praktyczna nauka programowania w Matlabie.	K_W04, K_U04
7.	Energetyka jądrowa	Podstawy budowy atomu, siły jądrowe, modele struktury jądra atomowego. Przemiany jądrowe, rozszczepienie jądra atomowego, fuzja jądrowa. Procesy powstawania pierwiastków w gwiazdach. Energia jądrowa: wstęp do fizyki reaktorów jądrowych; budowa, zasada działania oraz parametry pracy reaktorów jądrowych. Współczesne reaktory jądrowe oraz ich zastosowanie(BWR, PWR, CANDU, SMR, MSR). Reaktory fuzyjne. Inne zastosowania techniki jądrowej w przemyśle. Reaktorowe techniki pomiarowe. Aspekty ekonomiczne produkcji energii jądrowej. Fizyczne aspekty pracy reaktorów jądrowych. Sprawność termodynamiczna oraz cykl cieplny w reaktorach energetycznych. Chłodzenie reaktorów jądrowych, moderatory, rodzaje paliwa. Neutrony w reakcjach. Cykl paliwowy. Produkcja paliwa jądrowego. Wzbogacanie izotopowe. Reaktory uranowe oraz torowe. Przetwarzanie i składowanie zużytego paliwa jądrowego.	K_W02, K_W07

		Bezpieczeństwo w technice jądrowej: Zabezpieczenia reaktorów jądrowych. Ochrona przed promieniowaniem jonizującym. Wpływ energetyki jądrowej na zdrowie ludzkie. Metody pomiaru promieniowania jądrowego w przemyśle jądrowym. Detekcja skażeń metodami klasycznymi, jonizacyjnymi oraz spektroskopowymi. Chemia w przemyśle jądrowym: sztuczne oraz naturalne źródła promieniowania. Działanie promieniowania jądrowego na układy biologiczne oraz materię. Oddziaływanie promieniowania na układy chemiczne: radioliza związków chemicznych, mechanizmy reakcji oraz rodniki. Wpływ promieniowania jądrowego na materiały konstrukcyjne reaktorów jądrowych.	
8.	Chemia kwantowa	Rys historyczny. Postulaty mechaniki kwantowej. Relacje komutacji, zasada nieoznaczoności Heisenberga i twierdzenia mechaniki kwantowej. Częstka swobodna i tunelowanie – elementy. Częstka w pudle potencjału. Oscylator harmoniczny i anharmoniczny. Moment pędu i rotator sztywny. Atom wodoru. Właściwości magnetyczne i spin. Atom helu i symetria funkcji falowej. Budowa układu okresowego. Metody przybliżone chemii kwantowej. Przybliżenie Borna Oppenheimera – elementy.	K_W01, K_W04, K_U04
9.	Surowce chemiczne dla zrównoważonego rozwoju	Podział surowców na surowce kluczowe, strategiczne i krytyczne dla zrównoważonej gospodarki. Problemy nazewnictwa i klasyfikacji surowców. Wzajemne relacje wyróżnianych grup surowców. Cykl surowcowy. Ewolucja eksploatacji złóż surowców naturalnych w stronę rozwiązań innowacyjnych i zielonych. Gospodarka surowcowa w układzie globalnym. Polityka surowcowa Unii Europejskiej. Model gospodarki w obiegu zamkniętym. Sektor wydobywczy w Polsce. Surowce krytyczne na świecie i w Polsce. Surowcowy obszar działania i instrumenty polityki surowcowej. Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i Świata.	K_W02, K_W07
10.	Metrologia chemiczna	Wprowadzenie do metrologii chemicznej (zagadnienia ogólne, specyfika, cyfry znaczące, wymagania metrologiczne w pomiarach chemicznych. Infrastruktura metrologiczna (Konwencja Metryczna, międzynarodowa, regionalna i krajowa infrastruktura metrologiczna). Układ jednostek miar (definicja jednostki miary, wzorce, sposób zapisywania jednostek miar, stałe uniwersalne). Metrologiczna spójność pomiarowa. Niepewność pomiaru (pomiar i jego niepewność, wiarygodność i użyteczność wyników pomiaru, wyniki pomiarów, błąd a niepewność pomiaru, błędy w pomiarach wielkości chemicznych, rodzaje błędów pomiarowych.	K_W03, K_U02, K_U04
11.	Bezpieczeństwo w laboratorium	Promowanie bezpiecznej pracy w laboratorium chemicznym. Zbieranie informacji o chemikaliach, karty charakterystyk, identyfikacja i kwalifikacja zagrożeń powodowanych czynnikami chemicznymi, kategorie substancji niebezpiecznych i znaki ostrzegawcze, piktogramy, system NFPA 704, etykiety ostrzegawcze. Przygotowanie do pracy w laboratorium: wyposażenie laboratorium, klasy bezpieczeństwa, dobór środków ochrony indywidualnej i zbiorowej, ocena ryzyka narażenia na substancje toksyczne (monitoring stanowiska pracy w laboratorium chemicznym). Identyfikacja zagrożeń: odczynniki, specjacja chemiczna, toksyczność, wskaźniki toksyczności, klasyfikacja substancji chemicznych uwzględniając ich toksyczność, właściwości fizykochemiczne oraz działanie na środowisko. Podział substancji sklasyfikowanych jako niebezpieczne i ich przykłady. Elementy psychologii pracy -obciążenia psychiczne. Bezpieczeństwo przeciwpożarowe: zasady postępowania z substancjami łatwopalnymi, wybuchowymi, organizacja i utrzymywanie porządku na stanowisku pracy, przechowywanie substancji łatwopalnych,	K_W06, K_U02

		gaśnice (podział, oznaczenia i zakres wykorzystania do gaszenia pożarów o różnej specyfice). Systemy redukcji zagrożeń. Postępowanie z odpadami chemicznymi. Organizacja stanowisk zbierania odpadów i klasyfikacja odpadów). Procedury postępowania podczas zagrożeń: elementy działań ratowniczych w przypadku wybranych oparzeń i skażeń chemicznych, objawy zatrucia, pierwsza pomoc, system powiadamiania ratunkowego, konsekwencje prawne nieudzielenia pomocy. Bezpieczna praca w laboratorium: zasady pracy w laboratorium chemicznym. Planowanie, monitorowanie i dokumentacja (zasady prowadzenia dziennika laboratoryjnego) pracy w laboratorium zgodnie z DPL. Ergonomia pracy w laboratorium chemicznym. Zasady bezpiecznego stosowania aparatury i szkła laboratoryjnego: dobór szkła laboratoryjnego, łączenie aparatury, bezpieczne odmierzanie, pobieranie i transport substancji chemicznych. Podstawowe techniki laboratoryjne – klasyfikacja, celowość zastosowania, zagrożenia, sposoby redukcji zagrożeń. Wizualizacja ryzyka na przykładach: macierz ryzyka, analiza przykładowych wypadków laboratoryjnych, sposoby redukcji zagrożeń (przykłady metody 5S i zasad kaizen).	
12.	Prawo własności intelektualnej	Pojęcie i zakres prawa własności intelektualnej – prawo autorskie i prawo własności przemysłowej. Utwór w rozumieniu prawa autorskiego – pojęcie, rodzaje i klasyfikacja utworów. Podmioty praw autorskich (twórca, pracodawca, instytucja naukowa, wydawca, producent). Zakres praw autorskich – prawa osobiste i prawa majątkowe. Ochrona praw autorskich. Wynalazek oraz inne projekty wynalazcze. Prawo do patentu i innych praw ochronnych na projekty wynalazcze. Podmioty praw do projektu wynalazczego (twórca, pracodawca, zamawiający) oraz zakres ich uprawnień. Ochrona praw do projektów wynalazczych.	K_W09
13.	Chemia nieorganiczna	Teorie opisujące wiązania chemiczne, budowa sieci związków jonowych i metali, budowa związków nieorganicznych i kompleksowych. Struktury cząsteczek dwu- i wieloatomowych. Klasyfikacja reakcji chemicznych, reakcje wymiany elektronów i protonów, kwasy i zasady. Właściwości pierwiastków grup głównych i ich związków. Nomenklatura związków nieorganicznych i metaloorganicznych. Budowa związków kompleksowych według teorii pola krystalicznego i teorii orbitali molekularnych. Właściwości magnetyczne i spektroskopowe związków pierwiastków przejściowych. Reakcje wymiany ligandów i przeniesienia elektronu w związkach kompleksowych. Trwałość kinetyczna i termodynamiczna związków kompleksowych, kinetyka reakcji. Właściwości pierwiastków przejściowych i ich związków. Związki metaloorganiczne i ich zastosowanie w katalizie, elementy chemii bioinorganicznej.	K_W01, K_U02, K_U03, K_U07, K_K01
14.	Chemia fizyczna I	Podstawowe pojęcia, rys historyczny. Równania stanu gazu doskonałego, przemiany gazowe, rachunek różniczkowy i całkowy funkcji wielu zmiennych. Znaczenie pojęć pracy i ciepła w termodynamice fenomenologicznej, procesy odwracalne i nieodwracalne. Zerowa zasada termodynamiki i zasada przyczynowości – znaczenie i konsekwencje, prowadzenie pojęcia funkcji stanu. Pierwsza zasada termodynamiki, znaczenie i wykorzystanie. Pojęcie energii wewnętrznej i entalpii, zasada ekwipartyzacji energii. Efekty cieplne reakcji chemicznych, prawo Hessa i Kirchhoffa, standaryzacja efektów cieplnych reakcji chemicznych, nauka wykorzystania tablic termochemicznych. Druga zasada termodynamiki, dyskusja samorzutności procesów, entropia, silniki cieplne, nierówność Clausiusa i jej konsekwencje, źródło i przepływ entropii. Trzecia zasada	K_W01, K_W05, K_U02, K_U04

		termodynamiki i sposób pomiaru/obliczenia bezwzględnej entropii. Elementy teorii Debye'a ciepła właściwego. Potencjały termodynamiczne i ich rola w przewidywaniu samorzutności procesów. Tożsamości termodynamiczne, wyprowadzenie, tablice Bridgmana. Częstkowe wielkości molowe, pojęcie potencjału chemicznego składnika. Termodynamiczny opis stanu równowagi w zastosowaniu do różnych warunków prowadzenia procesów, zależność stanu równowagi od temperatury, ciśnienia (izobara van't Hoffa, izoterma van Laara-Planka). Wykorzystanie termodynamiki fenomenologicznej do opisu wybranych procesów i zjawisk (np. do opisu obniżenia temperatury krzepnięcia cieczy). Pojęcie fazy i przemiany fazowej, wyprowadzenie równania Gibbsa na ilość stopni swobody. Równania opisujące linie równowag fazowych – rów. Clausiusa-Clapeyrona i van Laara-Hildebranda. Równowagi fazowe w układach jednoskładnikowych, wykres fazowy wody. Równowagi w układach dwuskładnikowych: ciecz-para, ciecz-ciecz, ciecz-ciało stałe, – dyskusje wykresów fazowych. Równowagi w układach 3-składnikowych w układach cieczy i faz stałych.	
15.	Odnawialne źródła energii	Klasyfikacja źródeł energii, materiałów koniecznych do ich budowy oraz zasad działania urządzeń przetwarzających energię. Sposoby wytwarzania energii na dużą, średnią i małą skalę. Wykorzystanie energii słonecznej: ogniwa fotowoltaiczne i kolektory ciepła. Zasada działania ogniwa fotowoltaicznego, rodzaje ogniw i zakres ich działania. Wykorzystanie energii wiatrowej i energii fal morskich - wady i zalety tego rodzaju źródeł. Zalety i wady oraz zakres wykorzystania energii geotermalnej, głównie do ogrzewania pomieszczeń oraz wody. Pompy ciepła. Elektrochemiczne źródła energii z uwzględnieniem mikrogeneracji energii - hydroelektrownie i silnik Stirlinga, jako źródeł energii elektrycznej, oraz tokamaki i ITER-y jako potencjalne elektrownie przyszłości. Przetwarzanie energii z użyciem biomasy i biopaliw.	K_W02, K_W07, K_U02, K_U06, K_K03
16.	Podstawy spektroskopii	Charakterystyka fali elektromagnetycznej i parametry ją opisujące. Widmo promieniowania elektromagnetycznego. Barwa światła. Falowa i korpuskularna natura promieniowania elektromagnetycznego. Formy oddziaływania między promieniowaniem a ośrodkiem materialnym: odbicie, załamanie, interferencja, rozproszenie, absorpcja, emisja. Podstawowe rodzaje optycznej spektroskopii molekularnej i ich zastosowanie. Schemat budowy spektrometru, jego najważniejsze części oraz rola w procesie otrzymywania widm. Poziomy energetyczne w cząsteczkach. Pojęcie stanu podstawowego i wzbudzonego. Rotacje cząsteczek i przykłady widm mikrofalowych. Schemat postępowania przy wyznaczaniu geometrii z widm rotacyjnych. Oscylacje cząsteczek i przykłady widm w podczerwieni. Znaczenie częstości charakterystycznych w analizie strukturalnej związków chemicznych. Spektroskopia elektronowa i typy przejść elektronowych. Przykłady absorpcyjnych widm elektronowych. Uproszczony schemat Jabłońskiego i charakterystyka procesów dezaktywacji stanów wzbudzonych. Przykłady analizy ilościowej przy użyciu widm IR i elektronowych. Spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego i przykłady jej wykorzystania w analizie struktury molekuł. Przykłady zastosowań spektroskopii w chemii, biologii i medycynie.	K_W05, K_U02, K_U03

17.	Chemia organiczna	Znaczenie związków organicznych (występowanie w przyrodzie, zastosowania medyczne, przemysłowe i laboratoryjne). Nomenklatura IUPAC. Struktura a właściwości chemiczne i fizykochemiczne związków organicznych. Szkielet i grupy funkcyjne w związkach organicznych; rodzaje izomerii związków organicznych, stereoizomery i sposoby ich rysowania; struktury rezonansowe, typy wiązań chemicznych, mechanizmy reakcji organicznych. Podstawowe pojęcia w chemii organicznej: kwas, zasada; nukleofil, elektrofil; karbokation, karboanion, rodnik; polarność; regioselektywność; szybkość reakcji chemicznej, katalizator, równowaga, stan przejściowy, produkt pośredni, kontrola kinetyczna i termodynamiczna. Wybrane klasy związków organicznych, ich otrzymywanie oraz reaktywność. Alkany, cykloalkany, chlorowcoalkany; alkohole, etery. Reakcje wolnorodnikowe; jedno- i dwucząsteczkowa substytucja nukleofilowa oraz eliminacja. Alkeny, alkiny i sprzężone dieny. Benzen i jego pochodne, aromatyczność, reakcje aromatycznej substytucji elektrofilowej i regioselektywność. Aldehydy, ketony, tautomeria keto-enolowa, reaktywność jonów enolanowych, kondensacja aldolowa, α,β -nienasycone aldehydy i ketony. Kwasy karboksylowe i ich pochodne. Aminy i ich pochodne. Reaktywność podstawionych pochodnych benzenu: alkilobenzeny, aminy aromatyczne i fenole. Związki β -dikarbonylowe, kondensacja Claisena. Monosacharydy, disacharydy, polisacharydy. Wybrane związki wielofunkcyjne. Związki heterocykliczne. Związki metaloorganiczne. Aminokwasy, peptydy, białka i kwasy nukleinowe. Polimery i żywice. Elementy strategii syntezy organicznej. Metody określania struktury związków organicznych. Zastosowanie spektroskopii jądrowego rezonansu magnetycznego oraz spektrometrii mas. Zapoznanie się z podstawowymi technikami w pracowni chemii organicznej. Metody syntezy i oczyszczania prostych związków organicznych. Podstawy analizy związków organicznych.	K_W01, K_U02, K_U03, K_U07, K_K01
18.	Zielona chemia	Definicja i zasady zielonej chemii. Zjawisko katalizy, katalizatory homogeniczne i heterogeniczne w przemyśle, katalizatory samochodowe. Kryteria doboru rozpuszczalników do reakcji chemicznych, ciecz jonowe – synteza, właściwości i zastosowania. Podstawy syntezy asymetrycznej. Wykorzystanie surowców odnawialnych i metod biotechnologicznych w syntezie chemicznej. Mikrofałe i ultradźwięki jako źródło energii w procesach chemicznych. Charakterystyka i zastosowanie cieczy nadkrytycznych.	K_W01, K_W07, K_U02, K_U07, K_U09
19.	Chemia fizyczna II	Pojęcie elektrolitu, I i II prawo Ohma. Przewodnictwo właściwe i molowe, prawo Kohlrausha, elektrolity mocne i słabe, wykorzystanie pomiarów przewodnictwa np. do wyznaczenia stałych dysocjacji, iloczynu rozpuszczalności, iloczynu jonowego wody. Koncepcja chmury jonowej, elementy teorii Debye'a-Huckela-Onsagera, efekt elektroforetyczny, relaksacyjny, Debye'a-Falkenhagena, efekty Wiena. Migracja w roztworach elektrolitów, ruchliwość jonów, liczby przenoszenia, iloczyn Waldena. Ogniwa elektrochemiczne, konwencja zapisu, reakcje elektrodowe, opis termodynamiczny (równanie Nernsta). Podział elektrod i ogniw, budowa popularnych elektrod odniesienia. Akumulatory, budowa, reakcje podczas ładowania i pracy, ogniwa o znaczeniu praktycznym. Elektroliza, napięcie rozkładowe, nadnapięcie. Elementy termodynamiki procesów nieodwracalnych w zastosowaniu do kinetyki chemicznej. Podstawowe pojęcia stosowane przy opisie kinetyki reakcji chemicznych. Opis podstawowych właściwości reakcji nieodwracalnych 1, 2 i 3 rzędowych, sposoby wyznaczania rzędu reakcji. Kinetyka	K_W01, K_W05, K_U02, K_U04, K_U05

		reakcji złożonych – odwracalnych, równoległych, następczych, łańcuchowych. Zależność szybkości reakcji od temperatury, teorie stałej szybkości, stanu przejściowego, energia aktywacji, równanie Arrheniusa. Koncepcja stanu stacjonarnego, kinetyka wybranych reakcji (np. podstawienia nukleofilowego SN2).	
20.	Analityka instrumentalna	Rola i zadania chemika analityka. Chemik analityk na rynku pracy.. Pojęcia: analit, interferent, matryca, granica wykrywalności (LOD), granica oznaczalności (LOQ), maksymalne dopuszczalne stężenie, najwyższe dopuszczalne stężenie. Podział i rozwój instrumentalnych technik analitycznych oraz ewolucja pojęcia składnika śladowego. Specyfika metod analitycznych opartych na pomiarze względnym i bezwzględnym. Rodzaje sygnałów, ich położenie i wielkość. Rodzaje i źródła szumów. Charakterystyka analitycznych układów pomiarowych. Prawo Lamberta-Beera i jego zastosowanie analityczne. Spektroskopowe metody analizy: podział metod i ich podstawy teoretyczne. Spektrometria a spektroskopia. Aparatura oraz metody wykonywania pomiarów i doboru optymalnych warunków pracy. Źródła błędów oraz metody ich usuwania. Wpływ matrycy na efekt analityczny. Analiza jakościowa i ilościowa z wykorzystaniem metod spektroskopowych. Metody elektroanalityczne: podstawowe prawa fizykochemiczne. Potencjometria i elektrody jonoselektywne, konduktometria, kulometria, chronowoltamperometria: podstawy teoretyczne, metody pomiaru i aparatura. Zastosowanie metod elektroanalitycznych w monitoringu stanu środowiska, stacji uzdatniania wody i w przemyśle. Automatyzacja procesów analitycznych z wykorzystaniem metod elektroanalitycznych. Analiza elementarna związków organicznych – przydatność i rola w chemii analitycznej. Metody mineralizacji próbek. Przygotowanie przyrządów do pomiarów analitycznych. Obsługa aparatów instrumentalnej analizy chemicznej do kontroli jakości i celów badawczo-rozwojowych. Zasady bezpieczeństwa podczas poboru, przygotowania próbek i pomiarach analitycznych. Ocena i kontrola jakości wyników pomiarów analitycznych. Protokół postępowania analitycznego. Źródła niepewności (błędy) w analizie instrumentalnej. Zapewnienie jakości podczas pobierania, zabezpieczania (utrwalania) i transportu próbek i zasady sporządzania protokołu poboru próbek. Zasady walidacji metod analitycznych i akredytacji laboratoriów. Elementy zielonej chemii analitycznej: rozwój koncepcji zielonej chemii analitycznej, zasady zielonej chemii analitycznej, zastosowanie Paradygmatu Ekologicznego w chemii analitycznej, etapy ewolucji mentalności ekologicznej w laboratoriach analitycznych, Indeks Krajowych Metod Środowiskowych i ocena profili zazieleniania metody analitycznej.	K_W01, K_W05, K_U02, K_U04
21.	Gospodarka wodorowa	Kierunki Polityki energetycznej Polski do 2040 r. Polska strategia wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 r. Technologie wytwarzania, magazynowania, dystrybucji i wykorzystania wodoru – wyzwania i skala wdrożeń. Metody oceny ryzyka wdrażania nowych technologii. Wodór jako substrat do wytwarzania syntetycznych paliw i nośników energii. Strategiczne znaczenie gospodarki wodorowej. Uwarunkowania techniczne gospodarki wodorowej. Legislacja dotycząca gospodarki wodorowej.	K_W02, K_W07
22.	Technologia chemiczna	Projektowanie procesów chemicznych (podstawy teoretyczne technologii chemicznej: koncepcja procesu, fizykochemiczne podstawy projektowania procesów technologicznych, zasady technologiczne, analiza wybranych operacji i procesów	K_W01, K_U01, K_U02, K_U03, K_K01

		jednostkowych, procesy ciągłe/okresowe, aparaty technologiczne/reaktory, strumienie odpadowe, bilanse, organizacja procesu w skali przemysłowej). Aspekty prawne (dyrektywy IPPC, standardy BAT, itp.), etapy komercjalizacji technologii (dojrzałość procesu, kamienie milowe, badania R&D). Kryteria i kategorie oceny kosztów transferu technologii (koszty materiałów, koszty transformacji, wskaźniki zielonego charakteru procesu: EA, E-factor, EMY, RME, MI, CE, ocena kosztów strategii syntezy, wydajność procesu, nominalna wielkość reaktora, PEI, QSL, czynniki środowiskowe. Gospodarka cyrkularna, LCA-metoda oceny oddziaływania na środowisko technologii/produktów chemicznych, zastosowania LCA w praktyce przemysłowej. Technologie zrównoważonego rozwoju – przykłady w holistycznym podejściu oceny cyklu życia produktu, normy i wskaźniki oceny (Eco-indicator 99, IPCC, CED). Podstawy procesów biotechnologicznych, otrzymywania wybranych bioproduktów, biorafinerie, biopaliwa, biokataliza, chemo/biokonwersja biomasy, nośniki energii biogaz, biodiesel, biotechnologia środowiskowa. Wybrane przykłady technologii syntez organicznych, surowce kopalne i odnawialne, katalizatory procesów homogenicznych (procesy karbonylowania, utleniania itd.), porównanie kontekstu zielonej chemii na przykładach metod chemicznych i biotechnologicznych syntez związków organicznych. Podstawy chemii i technologii polimerów, przykłady klasycznych petropolimerów i bio-alternatywnych eko-polimerów. Wybrane technologie przemysłu syntez nieorganicznych. Woda w technologii przemysłowej, wskaźniki jakości, woda w stanie nad- i podkrytycznym, uzdatnianie wody. Jonity, technologie odzyskiwania metali, urban mining. Związki azotu, nawozy. Kwasy mineralne. Procesy elektrochemiczne, wybrane procesy metalurgiczne. Procesy ceramiczne, materiały budowlane.	
23.	Podstawy chromatografii	Podstawy chromatografii w badaniach próbek środowiskowych i petrochemicznych. Metody chromatograficzne w badaniach składu gazów i technologii produkcyjnej – wodór jako paliwo przyszłości. Techniki ekstrakcyjne i metody poboru próbek o różnym stanie skupienia do analizy chromatograficznej. Chromatografia cieczowa w procesach biotechnologicznych - biopaliwa - zielona chemia. Wybrane normy PN-EN stosowane w przemyśle petrochemicznym w Polsce. Metody statystycznego przedstawiania wyników pomiarów chromatograficznych.	K_W05, K_U02, K_U04
24.	Magazynowanie energii	Czynniki decydujące o potrzebie magazynowania energii. Dostępne technologie magazynowania energii z OZE (mechaniczne, termiczne, elektryczne, elektrochemiczne i chemiczne). Magazynowanie ciepła nisko i wysokotemperaturowego. Ciepło jawne i utajone. Otrzymywanie i wykorzystanie materiałów zmiennofazowych (PCM) do magazynowania energii, w tym dla nowoczesnego, ekologicznego budownictwa. Odzysk i magazynowanie energii w różnych gałęziach przemysłu. Zagadnienia środowiskowe i społeczne układów magazynowania energii. Rozwój technologii magazynowania energii w Polsce i na świecie. Inteligentne zarządzanie obsługą magazynów energii.	K_W08, K_U02, K_U03, K_U05, K_U06, K_U07, K_U09, K_K03
25.	Wprowadzenie do biochemii toksykologicznej	Podstawowe procesy biochemiczne zachodzące w komórkach żywych organizmów. Biochemiczne zmiany w funkcjonowaniu organizmu w sytuacji zaburzenia homeostazy: biochemiczna odpowiedź na toksyczne czynniki zewnętrzne. Podstawowe pojęcia biochemii toksykologicznej. Podział oraz cele i zadania współczesnej toksykologii. Klasyfikacja substancji toksycznych oraz czynniki wpływające na ich toksyczność. Zależności między strukturą chemiczną a aktywnością toksyczną substancji	K_W01, K_W07

		chemicznych. Rola i rodzaje oddziaływań cząsteczkowych w mechanizmie toksycznego działania substancji. Biochemia substancji toksycznych, mechanizm ich oddziaływań i przemian w organizmach żywych i środowisku. Sposób oddziaływań substancji toksycznych na struktury i aktywności biologiczne biomakromolekuł: białek, kwasów nukleinowych i błon lipidowych. Biochemia toksykologii rozpuszczalników organicznych, alkoholi, halogenowych i aromatycznych węglowodorów. Zależność między stężeniem związku, czasem narażenia na jego działanie a efektem toksycznym jakie wywołuje on na organizmy żywe i środowisko.	
26.	Zarządzanie chemikaliami	Zasady dobrej praktyki laboratoryjnej (GLP) – wg OECD. Aktualizacja przepisów odnośnie klasyfikacji i znakowania substancji chemicznych zgodnie z obowiązującymi przepisami (REACH, GHS, CLP). Obrót i transport substancji chemicznych na terenie UE zgodnie z obowiązującymi przepisami (ADR). Zasady magazynowania niebezpiecznych substancji chemicznych. Gospodarka odpadami niebezpiecznymi: wytwarzanie, odbiór, przewóz i utylizacja w myśl nowych przepisów EU. Zasady ewidencji i sprawozdawczości dotyczącej substancji niebezpiecznych w zależności od ich klasyfikacji: substancje rakotwórcze i mutagenne, substancja zubożające warstwę ozonową, prekursorzy substancji psychoaktywnych, prekursorzy chemicznych środków bojowych, materiały czynne biologicznie i GMO, materiały promieniotwórcze i rozszczepialne, nanomateriały, azbest, inne chemikalia bez klasyfikacji: TSP, BŚP, smog, PCBs, PBA). Podstawowe zasady ochrony zdrowia i życia ludzkiego w czasie pracy z substancjami niebezpiecznymi. Podstawowe informacje dotyczące ochrony środowiska i ewentualnych działań po emisji niebezpiecznych substancji chemicznych. Bazy danych o chemikaliach. Katastrofy przemysłowe (powody, łańcuchy p-s, skutki, nauka). Dyrektywy bezpieczeństwa. Bezpieczeństwo chemiczne i terroryzm chemiczny. Fizykochemia wybuchu. Instrukcje bezpieczeństwa.	K_W01, K_W06
27.	Ogniwa paliwowe	Przetwarzanie energii chemicznej na elektryczną – opis teoretyczny. Ogniwo galwaniczne vs. ogniwo paliwowe. Schemat zapisu ogniwa. Rodzaje ogniw i reakcje elektrodowe. Parametry ogniwa paliwowego. Zależność siły elektromotorycznej (SEM) ogniwa od temperatury i ciśnienia. Reakcje elektrodowe w ogniwie paliwowym w zależności od użytego „paliwa”. Budowa ogniwa, zasada działania i niezbędne elementy (katalizatory, membrany itp.). Rodzaje ogniw paliwowych. Zalety i wady poszczególnych ogniw paliwowych. Zastosowania ogniw paliwowych.	K_W02, K_W07
28.	Ekologia (PDW-1)	Ekologia jako dziedzina nauk przyrodniczych i jej powiązania z innymi naukami. Poziomy organizacji systemów ekologicznych. Czynniki środowiskowe. Organizmy a środowisko. Tolerancja ekologiczna. Bioindykacja i bioindykatory.	K_W07
29.	Historia chemii (PDW-1)	O cechach badania naukowego. Kształtowanie się metody badań naukowych, F. Bacon, Kartezjusz, K. Popper. Eksperyment badawczy w chemii. O etyce uczonego. Błędy i oszustwa w nauce. Technologie chemiczne ludów pierwotnych i starożytnych. Grecka filozofia przyrody. Początki alchemii hellenistycznej. Alchemia Egiptu, Chin i Indii. Alchemia arabska i jej wpływ w Europie. Alchemia średniowiecza. Paracelsus i początki jatrochemii. Agricola, Glauber, Van Helmont. Początki kształtowania się podstawowych pojęć chemicznych: kwas, zasada, sól. Pojęcie powinowactwa chemicznego. Atomiści czasów Odrodzenia i Baroku. Kształtowanie się pojęcia molekuły. Alchemicy polscy:	K_W01

		Sędziwój, Zuchta, Barner. Koncepcja flogistonu i jej wpływ na 18w. chemię. Wielki przełom w chemii: Boyle, Lavoisier, Priestley, Cavendish. Narodziny nowego języka chemii. Chemiczna atomistyka Daltona. Narodziny elektrochemii. Berzelius i teoria dualistyczna. Teorie unitarne w chemii. Teoria wartościowości i teoria strukturalna Kekulego i Butlerowa. Historia układu okresowego Mendelejewa. Narodziny chemii fizycznej, teoria równowagi chemicznej, początki kinetyki, termodynamika chemiczna. Odkrycie promieniotwórczości naturalnej. Biografia i dokonania Marii Curie-Skłodowskiej. Rozwój teorii wiązania chemicznego. Rozwój fotochemii i udział w nim Polaków.	
30.	Chemia środowiska (PDW-1)	Przedstawienie podstawowych terminów związanych z chemią środowiska. Cykle krążenia pierwiastków biogennych w przyrodzie. Różne rodzaje zanieczyszczeń, podział zanieczyszczeń. Podział środowiska na sfery zgodnie ze stanem skupienia materii: atmosfera, hydrosfera, geosfera i biosfera. Ochrona środowiska w Polsce i wybrane aspekty ochrony środowiska w świecie. Monitoring środowiska: emisje i immisje. Skład atmosfery ziemskiej i jej sfery. Chemia stratosfery, Reakcje zachodzące w stratosferze i ich konsekwencje: warstwa ozonowa, dziura ozonowa. Chemia rodników a atmosferze. Skład i zanieczyszczenia powietrza: dwutlenek węgla i metan – źródła emisji, efekt cieplarniany. Podstawowe gazowe nieorganiczne i organiczne zanieczyszczenia powietrza. Zanieczyszczenia powietrza w postaci pyłów i aerozoli, czym jest smog. Opad atmosferyczny – chemia deszczu, śniegu i mgły, powstawanie kwaśnych deszczy i ich skutki środowiskowe. Ekosystemy wodne. Woda i jej właściwości chemiczne i fizyczne. Wody powierzchniowe i podziemne. Klasyfikacja jakości wód. Główne parametry jakości wód: pH, twardość wody, BZT5 i ChZT5, tlen rozpuszczony w wodzie, zanieczyszczenia wód (organiczne i nieorganiczne). Cykl krążenia rtęci w przyrodzie. Procesy usuwania zanieczyszczeń z wód. Podstawowe informacje o budowie skorupy ziemskiej, najważniejsze rodzaje skał i ich rozpowszechnienie. Procesy glebotwórcze, gleba jako układ wielofazowy: faza stała, gazowa i wodna. Klasyfikacja gleb, profile glebowe. Materia organiczna w glebach, substancje humusowe. Kwasowość, kwasowość hydrolityczna i kwasowość wymienna gleb. Właściwości buforujące gleb. Procesy biodegradacji materii organicznej w glebach. Czynniki powodujące skażenie gleb, wpływ rolnictwa na erozję i skażenie gleb. Skażenie gleb substancjami organicznymi i metalami ciężkimi.	K_W07
31.	Język angielski w laboratorium chemicznym (PDW-2)	Literatura naukowa w języku angielskim dotycząca chemii: podręczniki, czasopisma, patenty, źródła internetowe. Czytanie naukowego tekstu angielskiego ze zrozumieniem. Związki chemiczne - nazwy i właściwości fizykochemiczne oraz biologiczne. Nazwy zwyczajowe. Barwy, zapachy, smaki. Szkło laboratoryjne, aparatura pomiarowa. Procedury syntetyczne w chemii. Skróty. Pułapki słownikowe. Autotranslatory. Szybkie wyszukiwanie informacji w tekście angielskim. Podstawy skutecznego korzystania z literatury fachowej. Żywe źródła: webinary i e-konferencje.	K_U10
32.	English for science and technology (PDW-2)	Język angielski w nauce i technice. Chemiczny język angielski. Środki przekazu informacji. Angielszczyzna uniwersalna i specjalistyczna. Pozatekstowe środki przekazu informacji w języku angielskim. Prawa i definicje w języku angielskim. Laboratorium chemiczne i sprzęt laboratoryjny. Gramatyka naukowego języka angielskiego. Metody prezentacji wyników w języku angielskim. Specyfika przygotowania prac pisemnych w	K_U10

		języku angielskim (abstrakt, artykuł, komunikat). Ustna prezentacja wyników w języku angielskim.	
33.	Chemia polimerów i biomateriałów (PDW-5)	Podstawy chemii i technologii polimerów (m. in: klasyfikacja, monomery, masa cząsteczkowa, topologia, taktyczność, kopolimery, polireakcje, katalizatory, kontrolowane żyjące procesy polimeryzacji). Technologie zrównoważone syntez materiałów polimerowych i biomateriałów. Alternatywne źródła odnawialne surowców do produkcji monomerów/polimerów. Degradowalne, biodegradowalne materiały polimerowe, zielone eko - polimery i biomateriały. Gospodarka/zarządzanie odpadami polimerowymi, recycling/upcycling materiałów polimerowych. Funkcjonalne materiały polimerowe, polimery z pamięcią kształtu, autoregeneracyjne itp. Eko-profil produkcji polimerów (filary E, E, S), przykłady: np. poliestry (PLA, PCL, PLGA) synteza w technologiach zielonych oraz aplikacje w eko produktach tzw. krótkiego czasu życia (opakowania, agrochemia), medycyna i farmacja (kontrolowane uwalnianie leków, bioimplanty, rusztowania tkankowe, sterowana regeneracja kości). Analiza procesu otrzymywania PLA metodą LCA (analiza surowców klasycznych, na bazie biomasy, surowców odpadowych, emisji gazów w tym cieplarnianych, wody technologicznej/irygacyjnej, energia odnawialna, biorafineria. Metody syntezy biomateriałów, materiałów hybrydowych, biokompozytów oraz ich zastosowania.	K_W01, K_U05
34.	Zielona chemia kosmetyczna (PDW-5)	Surfaktanty w chemii kosmetycznej, klasyfikacja surfaktantów, właściwości surfaktantów fizyczne/chemiczne/użytkowe. Metody wyznaczania CMC oraz pozostałych parametrów ZPC kluczowych w chemii kosmetycznej. Projektowanie nowych surfaktantów. Biosurfaktanty. Ekologiczne syntezy surfaktantów, przykłady syntez na bazie surowców odnawialnych i kopalnych. Zastosowanie biosurfaktantów w ochronie środowiska w kontekście produktów dla chemii kosmetycznej, surfaktanty przełącznikowe, surfaktanty polimerowe, hybrydowe. Podstawowy skład produktów kosmetycznych, analiza podstawowych formulacji. Formy produktów kosmetycznych, technologie otrzymywania (m.in.: rodzaje emulsji). Analityka produktów kosmetycznych. Etykiety, karty techniczne produktu, nomenklatura INCI. Konserwanty, substancje bazowe, napelniacze itp. Przykłady i analiza produktów chemii kosmetycznej.	K_W01, K_U05
35.	Krystalochemia (PDW-6)	Podstawowe definicje: prawa i pojęcia: sieć krystaliczna, sieć przestrzenna, komórka elementarna, układy krystalograficzne, węzły, proste i płaszczyzny; grupy punktowe: symetria względem punktu, prostej i płaszczyzny, osie inwersyjne oraz kombinacje elementów symetrii. Symetria w budowie wewnętrznej ciał krystalicznych: grupy przestrzenne: translacja, komórki elementarne Bravais'go, osie śrubowe i płaszczyzny ślizgowe, punkty symetrycznie równoważne; elementy symetrii w ujęciu macierzowym. Klasyfikacja ciał krystalicznych: upakowanie atomów w sieci krystalicznej. Zastosowanie metod rentgenowskich w badaniu materiałów funkcjonalnych: dyfrakcja promieni X na sieci krystalicznej, dyfrakcja na monokryształach i preparatach polikrystalicznych. Podstawy krystalochemii: typy oddziaływań w sieci krystalicznej, klasyfikacja kryształów, proste struktury nieorganiczne, kryształy związków organicznych, elementy chemii supramolekularnej. Krystalochemia materiałów funkcjonalnych: klasyfikacja materiałów funkcjonalnych, omówienie zależności pomiędzy strukturą materiałów funkcjonalnych a ich właściwościami, badania materiałów porowatych.	K_W01, K_U03
36.	Symetria w chemii (PDW-6)	Określenia i twierdzenia teorii grup: symetria, obiekt symetryczny, znajomość symetrii. Symetria cząsteczek. Elementy symetrii. Operacje symetrii. Iloczyn operacji symetrii.	K_W01, K_U03

		Tabela mnożenia grupowego. Przekształcenie podobieństwa. Klasy. Grupy symetrii. Grupy cykliczne i podgrupy. Notacja Schoenfliesa i Hermanna-Mauguina. Bryły platońskie. Klasyfikacja cząsteczek do grup punktowych. Określenia i twierdzenia teorii reprezentacji. Reprezentacje grup. Baza reprezentacji. Charakter reprezentacji. Reprezentacja pełnosymetryczna. Reprezentacja jedynkowa i macierzowa. Reprezentacje redukowalne i nieredukowalne. Tabele charakterów. Symbole Mullikena. "Wielkie twierdzenie o ortogonalności". Teoria grup a chemia kwantowa. Funkcje falowe jako funkcje bazy reprezentacji nieprzywiednych. Iloczyn prosty. Symetria stanu elektronowego. Orbitale symetrii (adaptowane). Operatory rzutowe. Zastosowania symetrii w teorii orbitali molekularnych. Wolne pary elektronowe w wodzie a symetria. Diagram poziomów energetycznych. Diagram korelacyjny. Zastosowania w spektroskopii przejść elektronowych i podczerwonych. Polaryzacja przejść elektronowych. Symetria stanów wibracyjnych.	
37.	Aktywacja małych cząsteczek i ich zastosowanie w ochronie środowiska i przemyśle (PDW-7)	Podstawy katalizy homogenicznej. Procesy elementarne w chemii metali przejściowych. Związki koordynacyjne metali przejściowych z małymi cząsteczkami takimi jak O ₂ , CO ₂ , N ₂ itd. Przegląd ważniejszych procesów katalitycznych stosowanych w procesach oczyszczania środowiska: przetwarzanie ditlenku węgla, redukcja diazotu, utlenianie i epoksydacja, reakcje fotokatalityczne.	K_W07, K_U07
38.	Katalityczne metody uwodornienia cząstek organicznych (PDW-7)	Mechanizm reakcji uwodornienia w zależności od rodzaju katalizatora i donora wodoru. Aspekty techniczne różnych metod uwodornienia (warunki reakcji, reaktory). Bilans materiałowy reakcji, analiza produktów ubocznych i odpadów.	K_W07, K_U07
39.	Magnetochemia (PDW-8)	Zjawisko magnetyzmu substancji. Podział magnetyków: właściwości dia- para-, ferro-, antyferro-, ferri- i metamagnetyki. Wielkości charakteryzujące właściwości magnetyczne: namagnesowanie, przenikalność magnetyczna, podatność magnetyczna, moment magnetyczny. Magnetyczne metody badawcze (statyczne i rezonansowe), wykorzystujące zewnętrzne pole magnetyczne. Analiza pomiarów namagnesowania materiału w zależności od temperatury i pola magnetycznego. Magnetyzm fazy stałej a magnetyzm molekularny. Zastosowanie magnesów molekularnych: spintronika, diagnoza i terapia medyczna. Biomagnetyzm-jony magnetyczne w molekułach biologicznych. Magnes i elektromagnes (cewki, zwoje magnetyczne) w przemyśle, transporcie (kolej magnetyczna), energetyce (generatory magnesów w turbinach wiatrowych).	K_W02, K_U03, K_U05, K_U06
40.	Nanomateriały magnetyczne (PDW-8)	Rodzaje nanomateriałów magnetycznych. Techniki fizykochemiczne stosowane do badania NM. Magnetyzm nanomateriałów. Chemiczne metody otrzymywania NM (współstrącanie, metody solwotermalne, rozkład termiczny, metody zol-żel, redukcja chemiczna, reakcje z wykorzystaniem mikroemulsji, synteza wspomagana promieniowaniem mikrofalowym, osadzanie chemiczne). Fizyczne metody otrzymywania NM (naparowywanie metali, wysokoenergetyczne rozdrabnianie, synteza z zastosowaniem plazmy). Synteza NM o kontrolowanej morfologii - przykłady. Zastosowania nanomateriałów magnetycznych: biomedyczne (diagnostyka, terapia, medycyna regeneracyjna, bioseparacja, biosensory), zapis informacji i przechowywanie danych, zastosowanie NM do analizy oraz uzdatniania wody pitnej i ścieków, zastosowanie NM do usuwania zanieczyszczeń z gleby i wód gruntowych.	K_W02, K_U03, K_U05, K_U06

41.	Praktyki zawodowe	Struktura organizacyjna zakładu, szczegółowy profil produkcji, praca laboratorium chemicznego, kontroli jakości, monitoringu środowiska, itp. Zapoznanie z warunkami BHP na stanowisku pracy, zakresem obowiązków na danym stanowisku pracy, obecnym w zakładzie parkiem maszynowym, zagadnieniami dotyczącymi gospodarki materiałowej oraz zasadami przestrzegania ochrony środowiska. W czasie praktyk zawodowych studenci ustalają z przedstawicielem zakładu szczegółowy plan praktyk, dokonują obserwacji wybranych stanowisk pracy, podejmują działania powierzone im przez przedstawiciela zakładu, prowadzą dokumentację (dziennik praktyk) z obserwacji poznawanych procesów i wykonywanych zadań. Praktyki zawodowe mogą być odbywane w jednostkach gospodarczych i naukowo-badawczych, pozwalających na realizację zakładanych jej celów.	K_W10, K_U01, K_U08, K_K04
42.	Chemia atmosfery (PDW-9)	Struktura i skład atmosfery. Emisja zanieczyszczeń powietrza. Reakcje zanieczyszczeń powietrza w atmosferze. Biogeochemiczny cykl węgla. Związki azotu. Związki siarki. Ozon. Aerosole. Efekty środowiskowe zanieczyszczenia powietrza. Rola zanieczyszczenia powietrza w globalnej zmianie klimatu. Monitoring i ocena jakości powietrza. Współczesne i przyszłościowe metody pomiaru zanieczyszczenia powietrza. Oznaczanie stopnia zapylenia powietrza atmosferycznego. Wpływ kwaśnego deszczu na procesy korozji lub/i na roślinność. Oznaczanie zanieczyszczenia powietrza powstającego podczas spalania syntetycznych polimerów organicznych. Przygotowywanie i oznaczanie składu wzorcowych mieszanin gazowych, testowanie czujnika gazów. Absorpcyjne usuwanie freonów z powietrza. Absorpcja SO ₂ w wodnej zawieszinie węgla aktywnego. Analiza chlorowęglowodorów alifatycznych w powietrzu. Oznaczanie chlorowodoru w powietrzu. Oznaczanie NO ₂ w powietrzu metodą spektrofotometryczną.	K_W07
43.	Chemosensory (PDW-9)	Klasyfikacja czujników chemicznych. Selektywność i specyficzność sensorów. Typy związków używanych w konstruowaniu chemosensorów. Metody pomiarowe wykorzystywane w pracy chemosensorów. Chemosensory wykorzystywane w ochronie środowiska, przemyśle, farmacji i medycynie. Sensory oparte o włókna światłowodowe. Zastosowanie chemosensorów. Aktualne kierunki rozwoju chemosensorów.	K_W07
44.	Metody obliczeniowe w modelowaniu biochemicznym i badaniach makroukładów. (PDW-10)	Metody chemii obliczeniowej – podział na klasyczne (pola siłowe) i kwantowo-chemiczne. Metody pól siłowych dla białek, lipidów i kwasów nukleinowych. Metody półempiryczne, <i>ab initio</i> i DFT. Bazy danych strukturalnych i sekwencyjnych dla białek. Przygotowywanie modeli strukturalnych na podstawie baz danych. Przewidywanie struktur białkowych. Teoretyczne badanie oddziaływań białek z małymi cząsteczkami – przykłady sytuacji typu receptor – ligand, enzym – inhibitor. Dokowanie. Przewidywanie siły wiązania liganda z receptorem. Projektowanie leków: modyfikacja znanych substancji, analiza miejsc wiążących w receptorze. Techniki QSAR. Metody sztucznej inteligencji a projektowanie leków. Dynamika makroukładów. Metody dynamiki molekularnej.	K_W04, K_U06
45.	Metody obliczeniowe w zastosowaniach fizykochemicznych. (PDW-10)	Metody półempiryczne, <i>ab initio</i> i DFT. Modelowanie reakcji – poszukiwanie struktur minimów energetycznych (produktów, produktów przejściowych) i stanów przejściowych. Wyznaczanie parametrów fizykochemicznych, w tym energii. Metody wzorcowane na termochemię – wybrane funkcjonały DFT, metody wieloskładnikowe (CBS, G2, G3, G4), parametryzacje półempiryczne. Wkłady oscylacyjne do termochemii (energia punktu zerowego). Teoretyczne modelowanie procesów katalitycznych. Słabe oddziaływania jako siły kierujące samoorganizacją molekuł. Opis teoretyczny i	K_W04, K_U06

		modelowanie właściwości w ciele stałym: baza fal płaskich, pseudopotencjały. Struktura pasmowa, przerwa energetyczna. Opis dynamiki układów złożonych: metody dynamiki molekularnej.	
46.	Ogniwa paliwowe (PDW-11)	Metody elektrochemiczne – elektroliza, elektrochemiczne otrzymywanie wodoru, parametry obwodu zastępczego elektrody w układzie do otrzymywania gazów dla ogniwa paliwowego, zastosowania ogniw paliwowych. Pomiar oporu wewnętrznego ogniwa paliwowego. Otrzymywanie wodoru metodami elektrochemicznymi. Charakterystyka pracy ogniwa paliwowego (charakterystyki ładowania i rozładowania ogniwa w zależności od rodzaju obciążenia).	K_W03, K_U03, K_U04
47.	Wybrane zagadnienia z pomiarów fizykochemicznych (PDW-11)	Praktyczne aspekty prowadzenia pomiarów właściwości fizykochemicznych materiałów istotnych z punktu widzenia technologii wytwarzania i magazynowania energii: zaawansowane techniki analizy termicznej, spektroskopia impedancyjna, spektroskopia dielektryczna, charakterystyki prądowo-napięciowych badanych materiałów. Modele analizy danych eksperymentalnych i metody statystyczne opracowania wyników.	K_W03, K_U03, K_U04
48.	Pracownia licencjacka	Zagadnienia z chemii zatwierdzone jako tematy prac licencjackich; projekt badawczy, realizacja eksperymentu z tematyki badawczej promotora, synteza, badania fizykochemiczne otrzymanego produktu i wnioski z przeprowadzonych badań.	K_U08, K_U09, K_K01, K_K02, K_K03
49.	Seminarium licencjackie	Projekt grupowy, zasady pracy w grupie, opracowanie literaturowe na wybrany temat z tematyki badawczej wybranego zespołu, prezentacja projektu, ocena projektu i ocena prezentacji.	K_U08, K_U09, K_K01, K_K02, K_K03
50.	Formy zatrudnienia na rynku pracy (PDW-12)	Pojęcie prawa pracy, stosunku pracy, pracodawcy i pracownika. Stosunek pracy a stosunki cywilnoprawne (umowa o dzieło, umowa zlecenia). Podstawy nawiązania stosunku pracy. Zawarcie i rodzaje umowy o pracę. Rozwiązanie i wygaśnięcie umowy o pracę. Roszczenia stron w razie rozwiązania umowy o pracę z naruszeniem przepisów prawa. Obowiązki pracownika i jego odpowiedzialność. Obowiązki pracodawcy i jego odpowiedzialność. Wynagradzanie za pracę. Czas pracy i urlopy. Bezpieczeństwo i higiena pracy oraz uprawnienia rodzicielskie pracownika.	K_W10, K_U08
51.	Zarządzanie marketingowe (PDW-12)	Marketing - istota i geneza. Otoczenie przedsiębiorstwa zorientowanego marketingowo. Procedura formułowania strategii marketingowej. Analiza możliwości rynkowych: SIM i badania marketingowe, analiza zachowań nabywców. Segmentacja rynku: identyfikacja segmentów i wybór rynków docelowych. Projektowanie marketingu - mix dla wybranego segmentu: a/ zarządzanie produktem, b/ zarządzanie dystrybucją, c/ zarządzanie ceną, d/ zarządzanie promocją. Rodzaje strategii marketingowych i ich zastosowanie. Ocena i kontrola działalności marketingowej. Obszary zastosowań marketingu: marketing w usługach, marketing w organizacjach <i>non – profit</i> . Organizacja marketingu w firmie.	K_W10, K_U08

6. Plan studiów*.

Rok studiów: I

Semestr: pierwszy

Nazwa przedmiotu/moduły zajęć	O/ F***	Forma zajęć**						Liczba godzin zajęć	Sposób weryfikacji	Punkty ECTS	Dyscyplina(y) do której odnosi się przedmiot
		W	Ć	S	L	K	Inne				
Podstawy chemii	O	60		45	60			165	E	13	Nauki chemiczne
Matematyka	O	60		30				90	E	7	Nauki chemiczne
Transformacja energetyczna	O	15						15	Z	1	Nauki chemiczne
Bezpieczeństwo w laboratorium	O	15			15			30	Z	2	Nauki chemiczne
PDW-1: Ekologia*	F	30						30	E	3	Nauki chemiczne
PDW-1: Chemia środowiska*	F	30						30	E	3	Nauki chemiczne
PDW-1: Historia chemii*	F	30						30	E	3	Nauki chemiczne
Razem								360	4E	29	

* Do wyboru **dwa** przedmioty fakultatywne spośród trzech w ramach PDW-1

Rok studiów: I

Semestr: drugi

Nazwa przedmiotu/moduły zajęć	O/ F***	Forma zajęć**						Liczba godzin zajęć	Sposób weryfikacji	Punkty ECTS	Dyscyplina(y) do której odnosi się przedmiot
		W	Ć	S	L	K	Inne				
Chemia analityczna z elementami analizy środowiska	O	30		30	45			105	E	7	Nauki chemiczne
Fizyka	O	30			45			75	E	6	Nauki chemiczne
Chemia kwantowa	O	30		30				60	E	5	Nauki chemiczne
Surowce chemiczne dla zrównoważonego rozwoju	O	15						15	Z	1	Nauki chemiczne
Energetyka jądrowa	O	15						15	Z	1	Nauki chemiczne
Metody komputerowe w chemii	O	15			30			45	Z	3	Nauki chemiczne
Metrologia chemiczna	O	10			20			30	Z	2	Nauki chemiczne
Prawo własności intelektualnej	O	15						15	E	1	Nauki prawne
Razem								360	4E	26	

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 1: 29

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 2: 26

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 1: 360

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 2: 360

Rok studiów: II**Semestr: trzeci**

Nazwa przedmiotu/moduły zajęć	O/ F***	Forma zajęć**						Liczba godzin zajęć	Sposób weryfikacji	Punkty ECTS	Dyscyplina(y) do której odnosi się przedmiot
		W	Ć	S	L	K	Inne				
Chemia nieorganiczna	O	60		30	75			165	E	13	Nauki chemiczne
Chemia fizyczna I	O	30		30	45			105	E	7	Nauki chemiczne
Odnawialne źródła energii	O	10		10	10			30	E	3	Nauki chemiczne
Podstawy spektroskopii	O	10			20			30	Z	2	Nauki chemiczne
PDW-2: Język angielski w laboratorium chemicznym*	F	15		15				30	Z	4	Nauki chemiczne
PDW-2: English for science and technology*	F	15		15				30	Z	4	Nauki chemiczne
PDW-3: Lektorat	F			60				60	Z	0	
PDW-4: W-F	F		30					30	Z	0	
Razem								450	3E	29	

* Do wyboru jeden przedmiot fakultatywny spośród dwóch w ramach PDW-2

Rok studiów: II**Semestr: czwarty**

Nazwa przedmiotu/moduły zajęć	O/ F***	Forma zajęć**						Liczba godzin zajęć	Sposób weryfikacji	Punkty ECTS	Dyscyplina(y) do której odnosi się przedmiot
		W	Ć	S	L	K	Inne				
Chemia organiczna	O	60		30	105			195	E	15	Nauki chemiczne
Zielona chemia	O	30			30			60	E	5	Nauki chemiczne
Chemia fizyczna II	O	15		15	30			60	E	4	Nauki chemiczne
PDW-3: Lektorat	F			60				60	Z	0	
PDW-4: W-F	F		30					30	Z	0	
PDW-5: Chemia polimerów i biomateriałów*	F	15			30			45	E	4	Nauki chemiczne
PDW-5: Zielona chemia kosmetyczna*	F	15			30			45	E	4	Nauki chemiczne
Razem								450	4E	28	

* Do wyboru jeden przedmiot fakultatywny spośród dwóch w ramach PDW-5

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 3: 30

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 4: 28

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 3: 450

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 4: 450

Rok studiów: III
Semestr: piąty

Nazwa przedmiotu/moduły zajęć	O/ F***	Forma zajęć**						Liczba godzin zajęć	Sposób weryfikacji	Punkty ECTS	Dyscyplina(y) do której odnosi się przedmiot
		W	Ć	S	L	K	Inne				
Analityka instrumentalna	O	30		15	45			90	E	5	Nauki chemiczne
Technologia chemiczna	O	30		15	45			90	E	5	Nauki chemiczne
Gospodarka wodorowa	O	15		15				30	E	2	Nauki chemiczne
Podstawy chromatografii	O	10			20			30	Z	2	Nauki chemiczne
PDW-3: Lektorat	F			60				60	E	12	
PDW-6: Krystalochemia*	F	25			20			45	Z	4	Nauki chemiczne
PDW-6: Symetria w chemii*	F	15		30				45	Z	4	Nauki chemiczne
PDW-7: Aktywacja małych cząsteczek i ich zastosowanie w ochronie środowiska i przemyśle*	F	10			35			45	Z	4	Nauki chemiczne
PDW-7: Katalityczne metody uwodornienia cząsteczek organicznych*	F	10			35			45	Z	4	Nauki chemiczne
PDW-8: Magnetochemia*	F	20			10			30	Z	3	Nauki chemiczne
PDW-8: Nanomateriały magnetyczne*	F	20			10			30	Z	3	Nauki chemiczne
Razem								420	4E	37	

* Do wyboru jeden przedmiot fakultatywny z każdego PDW: 6, 7 i 8.

Rok studiów: III**Semestr: szósty**

Nazwa przedmiotu/moduły zajęć	O/ F***	Forma zajęć**						Liczba godzin zajęć	Spo sób weryfi kacji	Pun kt y EC	Dyscyplina(y) do której odnosi się przedmiot
		W	Ć	S	L	K	Inne				
Metody magazynowania energii	O	20		10	15			45	E	3	Nauki chemiczne
Ogniwa paliwowe	O	15						15	E	1	Nauki chemiczne
Wprowadzenie do biochemii toksykologicznej	O	30						30	Z	2	Nauki chemiczne
Zarządzanie chemikaliami	O	15						15	Z	1	Nauki chemiczne
Praktyki zawodowe							60	60	Z	2	Nauki chemiczne
PDW-9: Chemia atmosfery*	F	15			15			30	Z	2	Nauki chemiczne
PDW-9: Chemosensory*	F	15			15			30	Z	2	Nauki chemiczne
PDW-10: Metody obliczeniowe w zastosowaniach fizykochemicznych*	F	15			30			45	Z	4	Nauki chemiczne
PDW-10: Metody obliczeniowe w modelowaniu biochemicznym i w badaniach makromolekuł*	F	15			30			45	Z	4	Nauki chemiczne
PDW-11: Ogniwa paliwowe*	F			10	10			20	Z	2	Nauki chemiczne
PDW-11: Wybrane zagadnienia z pomiarów fizykochemicznych*	F			10	10			20	Z	2	Nauki chemiczne
PDW-12: Formy zatrudnienia na rynku pracy*	F	30		15				45	E	4	Nauki prawne
PDW-12: Zarządzanie marketingowe*	F	30		15				45	E	4	Nauki o zarządzaniu i jakości
PDW-13: Pracownia licencjacka*	F				30			30	Z	5	Nauki chemiczne
PDW-13: Seminarium licencjackie*	F			30				30	Z	5	Nauki chemiczne

Egzamin licencjacki	O							0	E	5	Nauki chemiczne
Razem								335	4E	31	

* Do wyboru jeden przedmiot fakultatywny z każdego PDW: 10, 11, 12, 13 i 14.

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 5: 37

Łączna liczba punktów ECTS w semestrze 6: 31

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 5: 420

Łączna liczba godzin zajęć w semestrze 6: 335

Łączna liczba godzin w ciągu studiów: 2375 (liczbę godzin zwiększono o 175 (8 %) za zgodą Dziekana Wydziału Chemii)

Liczba punktów ECTS 180, z tego 54 ECTS z przedmiotów do wyboru (30 %).

Obowiązkowe szkolenie BHP do zrealizowania na I semestrze w formie e-learningowej, rozliczenie zaliczenia w semestrze I (zasady odbywania zajęć uregulowane są w odrębnych przepisach).

Obowiązkowe wychowanie fizyczne do zrealizowania na III semestrze (30 godz.) i IV semestrze (30 godz.).

W czasie studiów wymagane jest nie mniej niż 5 ECTS z przedmiotów z dziedziny nauk humanistycznych lub społecznych w czasie całych studiów.

OBJAŚNIENIA

Formy realizacji zajęć:

W - wykład
 Ć - ćwiczenia
 S - seminarium
 L - laboratorium
 K - konwersatorium
 Proj. - projekt
 Ćw. - ćwiczenia terenowe
 Ćw.l. - ćwiczenia laboratoryjne
 Inne: np. Wr - warsztaty, L - lektoraty, Pr - praktyki, e-learning

Sposoby weryfikacji efektów uczenia się:

E - egzamin
 EP - egzamin pisemny
 T - test
 Es. - esej
 Proj. - projekt
 Pr. - praca roczna
 Z - zaliczenie
 Zo - zaliczenie z oceną
 Inne: np. UP - ustna prezentacja, R - raport