**Projekt podstawy programowej dla liceum ogólnokształcącego i technikum**

# CHEMIA

Chemia jako nauka przyrodnicza odgrywa znaczącą rolę w opisie otaczającego świata, materii i jej przemian. Jako przedmiot szkolny wyróżnia się podejściem integrującym opis substancji na poziomie makroskopowym, submikroskopowym i symbolicznym z badawczym podejściem do świata oraz tworzeniem modeli opisujących budowę, właściwości materii i przebieg procesów chemicznych. Nauczanie chemii opiera się na doświadczaniu oraz eksperymentowaniu, a stosowanie dociekania naukowego pozwala rozwijać umiejętności badawcze uczniów i łączyć je z kształtowaniem kompetencji matematycznych oraz wykorzystaniem technologii cyfrowych. Ważnym aspektem przedmiotu jest także powiązanie wiedzy przedmiotowej z życiem codziennym, przemysłem oraz odpowiedzialnym podejściem do własnego zdrowia i środowiska przyrodniczego.

Przyjęta koncepcja kształcenia opiera się na ciągłości między rokiem bazowym, zakresem podstawowym i rozszerzonym oraz na spiralnym pogłębianiu wiedzy i umiejętności. Rok bazowy porządkuje wiedzę ze szkoły podstawowej, pogłębia rozumienie budowy materii i energii w przemianach chemicznych. W roku bazowym zrezygnowano z klasycznego podziału treści na rzecz nauczania kontekstowego, skupionego wokół tematyki chemii środowiska, otrzymywania substancji oraz źródeł prądu elektrycznego. Zakres podstawowy kontynuuje to podejście i skupia się na elementach chemii organicznej w kontekście chemii w otoczeniu człowieka. W zakresie rozszerzonym zachowano klasyczny systematyczny podział treści nauczania między działy. Pierwszy dział, poświęcony rozwijaniu umiejętności badawczych i krytycznego myślenia, realizowany jest przekrojowo przez wszystkie lata nauki.

# ZAKRES PODSTAWOWY

## Cele kształcenia – wymagania ogólne

1. Operowanie wiedzą i terminologią chemiczną, wykorzystywanie metod, narzędzi i technik nauk przyrodniczych.
2. Rozwijanie wiedzy chemicznej na podstawie dociekania naukowego przez zadawanie pytań, stawianie hipotez, prowadzenie obserwacji, doświadczeń i eksperymentów, analizę problemów jakościowych i ilościowych oraz wnioskowanie.
3. Posługiwanie się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi, przeprowadzanie oraz dokumentowanie doświadczeń i eksperymentów chemicznych, zgodnie z zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy.
4. Pozyskiwanie, przetwarzanie, krytyczna ocena wiarygodności i prezentowanie informacji, ze zwróceniem uwagi na błędy poznawcze, manipulacje i uprzedzenia, rozwijanie świadomości osiągnięć i ograniczeń nauki.
5. Kształtowanie własnego wpływu na środowisko przyrodnicze, rozumienie roli chemii w przemyśle, medycynie i życiu codziennym.
6. Rozwijanie ciekawości poznawczej i zainteresowań naukami przyrodniczymi, rozumienie relacji między dyscyplinami naukowymi.

## Treści nauczania – wymagania szczegółowe dotyczące wiedzy i umiejętności

Rok bazowy – wskazane treści do realizacji w roku bazowym zostały odpowiednio oznakowane.

## I. Powietrze i jego składniki – od budowy atomów i cząsteczek do chemii środowiska – rok bazowy

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: elektrony walencyjne, powłoka elektronowa, wiązanie kowalencyjne, polaryzacja wiązania, elektroujemność, polarność cząsteczek, dipol elektryczny;

2) opisuje skład powietrza, wymienia jego składniki ($N_2$, $O_2$, Ar, $CO_2$, $H_2O_{(g)}$), w tym składniki śladowe i zanieczyszczenia (He, Ne, Kr, Xe, $CH_4$, $H_2$, $O_3$, $SO_2$, $NO_x$) oraz analizuje ich pochodzenie;

3) pisze powłokową konfigurację elektronową atomów pierwiastków wchodzących w skład powietrza (H, He, C, N, O, Ne, S, Ar) na podstawie ich położenia w układzie okresowym;

4) podaje liczbę elektronów walencyjnych atomów pierwiastków należących do grup 1. i 2. oraz 13.–17. układu okresowego na podstawie przynależności do grupy;

5) omawia powstawanie wiązania kowalencyjnego w wyniku tworzenia uwspólnionych par elektronowych, omawia bardzo niską reaktywność gazów szlachetnych w odniesieniu do trwałej konfiguracji elektronowej ich atomów;

6) pisze wzory elektronowe cząsteczek: $H_2$, $N_2$, $O_2$, $H_2O$, $CO_2$, $CH_4$, określa rodzaj i krotność wiązań oraz wskazuje wolne pary elektronowe;

7) przeprowadza doświadczenia chemiczne, w których otrzymuje gazy: $H_2$, $O_2$, $CO_2$, porównuje ich palność oraz gęstość względem powietrza;

8) analizuje polaryzację wiązań kowalencyjnych na podstawie różnicy elektroujemności według skali Paulinga, omawia budowę cząsteczki wody jako dipola elektrycznego na podstawie jej kształtu i polaryzacji wiązań O–H;

9) wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat źródeł emisji $CO_2$, $SO_2$, NO i $NO_2$, tłumaczy występowanie kwaśnych opadów i zakwaszenia oceanów, pisze równania reakcji otrzymywania $CO_2$ i $SO_2$ z pierwiastków, równania ich reakcji z wodą oraz równania pierwszego etapu dysocjacji powstających kwasów;

10) wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat pyłowych zanieczyszczeń powietrza, dzieli zanieczyszczenia na naturalne i antropogeniczne, interpretuje zapisy PM10, PM2,5, proponuje działania ograniczające emisję pyłów antropogenicznych.

## II. Otrzymywanie związku o budowie jonowej – roztwory, reakcje strąceniowe i stechiometria – rok bazowy

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: masa atomowa, masa cząsteczkowa, dysocjacja elektrolityczna, wiązanie jonowe, wydajność procesu, stężenie procentowe;

2) bada pod kierunkiem nauczyciela procesy strącania osadów związków jonowych, prowadzi obserwacje i opisuje wygląd powstających osadów;

3) omawia przebieg strącania osadów związków jonowych na podstawie tabeli rozpuszczalności soli i wodorotlenków oraz tabeli barw jonów w roztworach wodnych oraz barw osadów, pisze odpowiednie równania reakcji;

4) omawia wiązanie jonowe jako oddziaływanie elektrostatyczne między jonami;

5) analizuje kilkuetapową procedurę laboratoryjną prowadzącą do otrzymania określonej ilości związku jonowego ustalonego z nauczycielem, omawia cel i przebieg każdego etapu;

6) oblicza masę cząsteczkową odpowiadającą danemu wzorowi związku chemicznego na podstawie mas atomowych odczytanych z układu okresowego pierwiastków;

7) oblicza masy substratów niezbędne do otrzymania zadanej masy produktów na podstawie równania reakcji i stosunków masowych reagentów;

8) przygotowuje roztwory o zadanym stężeniu procentowym niezbędne do przeprowadzenia wskazanej procedury laboratoryjnej, wykonuje niezbędne obliczenia;

9) pisze równania dysocjacji elektrolitycznej związków jonowych rozpuszczalnych w wodzie, omawia przebieg dysocjacji elektrolitycznej z wykorzystaniem modeli uwzględniających oddziaływanie cząsteczek wody jako dipoli elektrycznych z jonami;

10) przeprowadza procedurę otrzymywania wybranego związku chemicznego, dokumentuje przebieg i wyniki doświadczenia;

11) wybiera i stosuje właściwą metodę rozdziału mieszaniny poreakcyjnej i izolacji produktu (np. dekantacja, sączenie, odparowanie rozpuszczalnika);

12) porównuje masę otrzymanego produktu z masą teoretyczną, oblicza wydajność procesu na podstawie uzyskanych danych.

## III. Budowa metali i reakcje z ich udziałem jako źródło prądu elektrycznego – rok bazowy

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: metal, niemetal, metaloid, wiązanie metaliczne, stopień utlenienia, ogniwo galwaniczne, szereg elektrochemiczny metali, utleniacz, reduktor, utlenianie, redukcja;

2) klasyfikuje pierwiastki jako metale, niemetale i metaloidy, omawia podobieństwa oraz wskazuje tendencje zmian właściwości fizycznych lub chemicznych w grupach lub okresach układu okresowego na podstawie danych literaturowych;

3) omawia wiązanie metaliczne jako oddziaływanie swobodnych elektronów z kationami metalu, tłumaczy przewodnictwo metali w odniesieniu do ich budowy;

4) pisze wzory jonów prostych tworzonych przez metale grupy 1. i 2. oraz niemetale grupy 16. i 17., omawia związek między ładunkiem jonu a konfiguracją elektronową gazu szlachetnego;

5) określa stopień utlenienia dla atomu pierwiastka w formie elementarnej oraz tworzącego jon prosty;

6) bada pod kierunkiem nauczyciela zachowanie metali (Cu, Zn, Mg) wobec kwasu o słabych właściwościach utleniających (np. HCl), interpretuje uzyskane wyniki na podstawie szeregu elektrochemicznego metali, pisze równania zachodzących reakcji w formie jonowej skróconej, formułuje wnioski dotyczące aktywności metali;

7) konstruuje ogniwo Volty i bada pod kierunkiem nauczyciela jego działanie, wykonuje schematyczny rysunek ogniwa, opisuje zachodzące w nim procesy oraz określa kierunek przepływu jonów i elektronów, pisze odpowiednie równania reakcji elektrodowych i sumaryczne równanie reakcji w formie jonowej skróconej.

## IV. Wstęp do chemii organicznej

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: wzór strukturalny, wzór półstrukturalny, wzór szkieletowy, podstawnik, grupa funkcyjna, izomer konstytucyjny;

2) omawia i stosuje założenia teorii strukturalnej budowy związków organicznych zbudowanych z atomów węgla, wodoru, tlenu i halogenów, pisze wzory sumaryczne, rysuje wzory strukturalne, półstrukturalne, szkieletowe cząsteczek tych związków na podstawie informacji o ich strukturze, w tym modelu budowy cząsteczki, na podstawie wzoru strukturalnego, półstrukturalnego, szkieletowego lub modelu budowy cząsteczki pisze wzór sumaryczny cząsteczki;

3) wskazuje i nazywa we wzorach strukturalnych i szkieletowych cząsteczek związków organicznych (w tym leków i substancji pochodzenia naturalnego) wiązanie podwójne, wiązanie potrójne, pierścień benzenowy, podstawniki halogenowe i grupy funkcyjne: hydroksylową, karboksylową, estrową;

4) klasyfikuje związki organiczne do odpowiedniej grupy (alkany, alkeny, alkiny, węglowodory aromatyczne, alkohole, kwasy karboksylowe, estry) na podstawie analizy ich wzorów strukturalnych, półstrukturalnych, szkieletowych lub modeli cząsteczek;

5) pisze nazwy systematyczne węglowodorów łańcuchowych zawierających nie więcej niż 8 atomów węgla w cząsteczce, z podstawnikami nierozgałęzionymi i ewentualnymi wiązaniami wielokrotnymi w łańcuchu głównym, oraz pochodnych jednofunkcyjnych tych węglowodorów zawierających następujące podstawniki i grupy funkcyjne w cząsteczce: halogenowe, hydroksylowe, karboksylowe, estrowe, oraz stosuje nazwy zwyczajowe związków: etylen, acetylen, glicerol, kwas mrówkowy, kwas octowy, kwas szczawiowy, kwas palmitynowy, kwas stearynowy, kwas oleinowy, kwas mlekowy, kwas salicylowy;

6) buduje modele i rysuje wzory strukturalne i półstrukturalne izomerów konstytucyjnych związku organicznego na podstawie podanego wzoru sumarycznego, strukturalnego, półstrukturalnego, szkieletowego lub modelu budowy cząsteczki zawierającej nie więcej niż 8 atomów węgla;

7) wskazuje fragmenty polarne (grupy hydroksylowe, grupy karboksylowe) oraz fragmenty niepolarne (grupy węglowodorowe) cząsteczek związków organicznych;

8) formułuje hipotezy dotyczące rozpuszczalności substancji na podstawie zgodności budowy jej cząsteczki z charakterem rozpuszczalnika oraz bada pod kierunkiem nauczyciela rozpuszczalność powszechnie dostępnych związków organicznych (np.

glukozy, sacharozy, kwasu cytrynowego, heksanu, ksylenu, mentolu) w wodzie i rozpuszczalnikach niepolarnych (np. benzyna ekstrakcyjna).

## V. Chemia organiczna w życiu człowieka

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: liczba oktanowa, biokomponenty paliw, mer, monomer, polimer, polimeryzacja addycyjna, fermentacja alkoholowa, fermentacja mlekowa, kwas tłuszczowy, substancja powierzchniowo czynna, mydło;

2) wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat pochodzenia, pozyskiwania i składu paliw: LPG, benzyny, oleju napędowego oraz paliw alternatywnych, analizuje informacje zamieszczone na dystrybutorach paliw;

3) wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat właściwości i wynikających z nich zastosowań polimerów addycyjnych: polietylenu (PE), polipropylenu (PP), poli(chlorku winylu) (PCW), politetrafluoroetylenu (PTFE), polistyrenu (PS), poli(metakrylanu metylu) (PMMA) oraz ich wpływu na środowisko, wskazuje na schematach reakcji polimeryzacji mer, pisze wzór monomeru na podstawie struktury polimeru;

4) porównuje budowę cząsteczek metanolu, etanolu, propan-1-olu, propan-2-olu, etano-1,2-diolu i glicerolu, wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat właściwości fizycznych, toksyczności i zastosowania tych substancji;

5) bada samodzielnie przebieg fermentacji alkoholowej lub mlekowej w skali laboratoryjnej, wymienia substraty, produkty i warunki zachodzenia tych procesów oraz wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat ich wykorzystania w życiu codziennym i przemyśle;

6) porównuje budowę cząsteczek kwasów: mrówkowego, octowego, propanowego, szczawiowego, palmitynowego, stearynowego, oleinowego oraz wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat ich właściwości fizycznych i zastosowań;

7) pisze równania reakcji otrzymywania estrów zawierających nie więcej niż 5 atomów węgla w cząsteczce, wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat ich właściwości fizycznych i zastosowań;

8) opisuje budowę cząsteczek estrów glicerolu i kwasów tłuszczowych: palmitynowego, stearynowego, oleinowego, wskazuje w cząsteczce tłuszczu właściwego grupy estrowe i reszty węglowodorowe pochodzące od cząsteczek kwasów tłuszczowych oraz omawia wpływ obecności wiązań podwójnych pomiędzy atomami węgla na stan skupienia tłuszczów, np. w temperaturze pokojowej;

9) bada samodzielnie i omawia właściwości mydeł jako substancji powierzchniowo czynnych oraz wpływ jonów wapnia i magnezu na właściwości użytkowe mydeł oraz wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat procesu usuwania zabrudzeń przez mydła;

10) analizuje i porównuje skład, przeznaczenie, sposób działania i potencjalne działanie niepożądane wybranych produktów leczniczych (np. preparatów witaminowych, środków przeciwdziałających zgadze i nadkwasocie żołądka, węgla aktywnego, środków przeciwbólowych i przeciwgorączkowych) na podstawie informacji dołączonych do opakowania;

11) wyszukuje i analizuje informacje o działaniu substancji psychoaktywnych zawartych w używkach (etanolu, nikotyny, kofeiny), odróżnia informacje naukowo uzasadnione od opinii i reklamy oraz porównuje skład i sposób działania używek, omawia krótko- i długoterminowe konsekwencje zdrowotne stosowania używek.

## VI. Proces badawczy i krytyczne myślenie w chemii

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: wiedza naukowa, hipoteza, paradygmat, fakt naukowy, mit pseudonaukowy, błędy poznawcze, błędy logiczne, etyka badań naukowych;

2) omawia kryteria rozróżnienia wiedzy racjonalnej od nieracjonalnej, analizuje pojęcie wiedzy naukowej i odróżnia ją od przekonań, opinii, wiedzy potocznej i pseudonauki, analizuje przykłady dotyczące chemii, w tym historyczne (alchemia) oraz współczesne mity i pseudonaukowe przekonania, np. dotyczące wody;

3) opisuje metodę naukową jako proces tworzenia teorii przez stawianie hipotez i próby ich weryfikacji, oparty na gotowości do rewizji aktualnego stanu wiedzy, analizuje w tym kontekście kluczowe momenty zmiany paradygmatu naukowego na

przykładzie kolejnych etapów w historii rozwoju poglądów na temat budowy atomu (koncepcja Daltona, model Thomsona, model Rutherforda, model powłokowy, współczesny model kwantowo-mechaniczny);

4) wyszukuje i porządkuje przykłady błędów poznawczych i krytycznie analizuje informacje z zakresu chemii publikowane w mediach, w tym na platformach internetowych, identyfikuje błędy poznawcze, błędy logiczne oraz manipulacje faktami.

## Wymagania szczegółowe dotyczące doświadczeń edukacyjnych

W ramach zajęć z chemii uczeń zdobywa doświadczenia edukacyjne, które przez swój praktyczny charakter wspierają wykorzystanie wiedzy przedmiotowej. Doświadczenia edukacyjne wzmacniają kompetencje fundamentalne i przekrojowe oraz rozwijają sprawczość ucznia.

Każdy uczeń realizuje co najmniej dwa z podanych doświadczeń edukacyjnych w roku bazowym. Uczeń indywidualnie lub w grupie:

1) w przedziale czasu wybranym razem z nauczycielem analizuje jakość powietrza w swojej miejscowości lub regionie na podstawie danych z publicznych stacji pomiarowych lub własnych czujników, dokumentuje oraz analizuje wyniki pomiarów, sporządza raport uwzględniający korelację stopnia zanieczyszczenia, np. z warunkami pogodowymi lub porą dnia;

2) poszukuje, przetwarza i interpretuje dane historyczne dotyczące emisji $CO_2$ związanej z działalnością człowieka oraz dane na temat klimatu (np. średnie temperatury dobowe, temperatury wód morskich, grubość pokrywy lodowcowej), ocenia wiarygodność wykorzystanych źródeł informacji i prezentuje efekty swojej pracy w sposób ustalony z nauczycielem;

3) otrzymuje wybrany wraz z nauczycielem związek jonowy (np. CuO – w wyniku strącenia i termicznego rozkładu wodorotlenku miedzi(II), $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – w wyniku reakcji strąceniowej, cytrynian sodu – w wyniku reakcji zobojętnienia i krystalizacji lub inny związek), w tym analizuje instrukcję ćwiczenia i planuje jego wykonanie, przeprowadza niezbędne obliczenia, przygotowuje potrzebne roztwory,

przeprowadza zaplanowane czynności, wydziela produkt i oblicza wydajność reakcji, dokumentuje przebieg wykonywanego ćwiczenia w formie raportu;

4) przygotowuje model wystawowy przedstawiający w formie interaktywnej budowę i zasadę działania ogniwa Volty oraz wybranych historycznych ogniw galwanicznych, prezentuje stworzone modele, omawia i porównuje ich budowę, zasadę działania, zastosowane elektrody i elektrolity oraz zachodzące procesy elektrodowe.

Uczeń w kolejnych latach edukacji realizuje co najmniej dwa z podanych doświadczeń edukacyjnych. Uczeń indywidualnie lub w grupie:

1) tworzy grę (np. planszową) dotyczącą budowy cząsteczek, różnych sposobów ich przedstawiania, nazewnictwa, właściwości i zastosowania związków organicznych, a następnie prezentuje efekty swojej pracy w sposób ustalony z nauczycielem;

2) przygotowuje stanowisko w debacie na temat wybranego problemu chemicznego o znaczeniu społecznym, dokumentuje przyjętą argumentację i wskazuje dane źródłowe, na których ją oparł, następnie prezentuje efekty swojej pracy w sposób ustalony z nauczycielem;

3) przygotowuje wywiad z naukowcem na temat aktualnych badań chemicznych, w tym przebiegu procesu badawczego oraz kwestii etycznych, ekonomicznych, społecznych i kulturowych, przeprowadza wywiad z naukowcem na żywo lub online, prezentuje efekty swojej pracy w sposób ustalony z nauczycielem;

4) wyszukuje i analizuje informacje na temat składu oraz procesu otrzymywania mydła z dostępnych surowców lub półproduktów, przygotowuje i realizuje procedurę otrzymywania mydła, bada samodzielnie wybrane właściwości fizyczne i chemiczne otrzymanego mydła, prezentuje efekty swojej pracy w sposób ustalony z nauczycielem;

5) wyszukuje i porządkuje informacje na temat działalności znanych chemików i ocenia pod względem etycznym skutki ich odkryć, wskazuje korzyści i potencjalne zagrożenia wynikające z rozwoju nauki, prezentuje efekty swojej pracy w sposób ustalony z nauczycielem.

# ZAKRES ROZSZERZONY

## Cele kształcenia – wymagania ogólne (zakres rozszerzony)

1. Operowanie pogłębioną wiedzą i specjalistyczną terminologią chemiczną, wykorzystywanie metod, narzędzi i technik nauk przyrodniczych.
2. Rozwijanie wiedzy chemicznej na podstawie dociekania naukowego przez zadawanie pytań, stawianie hipotez, prowadzenie obserwacji, doświadczeń i eksperymentów, analizę alternatywnych rozwiązań złożonych problemów jakościowych i ilościowych oraz wnioskowanie.
3. Tworzenie i wykorzystywanie modeli pojęciowych, klasyfikacji, przewidywań, teorii i wyjaśnień dotyczących zjawisk, procesów chemicznych oraz właściwości substancji.
4. Opracowywanie danych pomiarowych, opisów, analiz, interpretacji zjawisk i procesów oraz wykonywanie oszacowań i obliczeń na podstawie praw chemicznych, z wykorzystywaniem narzędzi matematycznych i technologii cyfrowych.
5. Posługiwanie się sprzętem laboratoryjnym i odczynnikami chemicznymi, przeprowadzanie oraz dokumentowanie doświadczeń i eksperymentów chemicznych, również z wykorzystaniem wybranych technik pomiarowych oraz technologii cyfrowych, zgodnie z zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy.
6. Pozyskiwanie, przetwarzanie, krytyczna ocena wiarygodności i prezentowanie informacji, ze zwróceniem uwagi na błędy poznawcze, stereotypy, manipulacje i uprzedzenia, rozwijanie świadomości osiągnięć i ograniczeń nauki oraz roli skutecznej komunikacji i współpracy podczas działań naukowych.
7. Kształtowanie własnego wpływu na środowisko przyrodnicze, pogłębione rozumienie roli chemii w przemyśle, medycynie i życiu codziennym, rozwijanie świadomości etycznych, środowiskowych, ekonomicznych i społecznych konsekwencji rozwoju nauki i technologii.
8. Rozwijanie ciekawości poznawczej i zainteresowań naukami przyrodniczymi, rozumienie relacji między dyscyplinami naukowymi, tworzenie powiązań między

różnymi obszarami wiedzy, przygotowanie do dalszego kształcenia i pracy zawodowej.

## Treści nauczania – wymagania szczegółowe dotyczące wiedzy i umiejętności (zakres rozszerzony)

Uczeń spełnia wymagania określone dla zakresu podstawowego oraz poszerza wiedzę i umiejętności w zakresie rozszerzonym.

## I. Proces badawczy i krytyczne myślenie w chemii

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: weryfikacja, falsyfikacja, zmienna niezależna, zmienna zależna, zmienna kontrolowana, korelacja;
2) bada samodzielnie wybrany problem chemiczny, w tym:
   a) formułuje hipotezę badawczą w sposób umożliwiający jej weryfikację,
   b) dobiera metodę weryfikacji postawionej hipotezy,
   c) projektuje bezpieczny i powtarzalny plan postępowania badawczego pozwalający na określenie wpływu zmiennej niezależnej na zmienną zależną z zachowaniem tych samych warunków w zakresie pozostałych czynników (zmienne kontrolowane),
   d) prowadzi rzetelną dokumentację badawczą,
   e) krytycznie analizuje i interpretuje uzyskane dane ilościowe i jakościowe, formułuje wnioski, falsyfikuje lub uprawdopodabnia hipotezę;
3) rozróżnia obserwowanie współwystępowania zjawisk od faktycznych zależności przyczynowo-skutkowych oraz wskazuje, że korelacja dwóch zmiennych (bez znajomości mechanizmu ich wzajemnej zależności) nie dowodzi istnienia przyczynowości;
4) uzasadnia wybór, przyjęty sposób postępowania, prawdziwość postawionej hipotezy, przewidywane wyniki doświadczenia, przyjętą klasyfikację przez przedstawienie logicznego wywodu uwzględniającego definicje, ilościowe lub jakościowe prawa

i reguły oraz fakty i dane przedstawione w treści zadania, według schematów: fakt – reguła – rezultat lub cecha – definicja – klasyfikacja;

5) wyjaśnia lub przewiduje strukturę i właściwości fizykochemiczne substancji oraz przebieg procesów chemicznych, przez przedstawienie logicznego wywodu łączącego makroskopowe obserwacje z budową materii w skali submikroskopowej, według schematu: przyczyna – mechanizm – skutek;

6) rysuje wykres na podstawie przedstawionych, wyszukanych lub zmierzonych danych eksperymentalnych, dobiera odpowiedni typ wykresu tak, by najlepiej wizualizował omawiane dane (wykres punktowy, liniowy, słupkowy, kołowy), przypisuje zmienne do osi, wyznacza zakresy osi w taki sposób, aby punkty danych zajmowały możliwie cały dostępny obszar wykresu, opisuje osie nazwą wielkości fizycznej i jej jednostką oraz rysuje linię najlepszego dopasowania.

## II. Budowa materii

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: nuklid, liczba atomowa, liczba masowa, izotop, powłoka elektronowa, podpowłoka elektronowa, orbital atomowy, energia jonizacji, spin elektronu, wiązanie σ, wiązanie π, promień atomowy, promień jonowy, wolna para elektronowa, hybrydyzacja orbitali atomowych, oddziaływania dipolowe, oddziaływania dyspersyjne, wiązanie wodorowe;

2) oblicza masę atomową pierwiastka na podstawie składu izotopowego, stosując średnią ważoną mas atomów jego izotopów;

3) rysuje kontury orbitali typu s i p, stosuje zasady rozmieszczania elektronów na orbitalach (regułę wzrastającej energii, zakaz Pauliego i regułę Hunda) w atomach pierwiastków wieloelektronowych, stosuje zapis powłokowy, podpowłokowy pełny, podpowłokowy skrócony i graficzny rozmieszczenia elektronów w atomach pierwiastków o liczbie atomowej Z od 1 do 36 oraz w ich jonach prostych;

4) określa zależność między konfiguracją elektronową atomu pierwiastka (o liczbie atomowej Z od 1 do 36) a jego położeniem w układzie okresowym oraz przynależnością do bloku s, p lub d;

5) omawia związek między budową elektronową atomu danego pierwiastka a jego aktywnością, promieniem atomowym, promieniem jonowym, pierwszą energią jonizacji;

6) przewiduje rodzaj wiązania na podstawie właściwości fizycznych substancji lub typu połączonych atomów: wiązanie jonowe metal – niemetal, wiązanie kowalencyjne niemetal – niemetal, wiązanie metaliczne metal – metal, oraz ustala polaryzację wiązania kowalencyjnego na podstawie różnicy elektroujemności atomów (skala elektroujemności według Paulinga) i oznacza ładunki cząstkowe;

7) pisze i analizuje wzory elektronowe cząsteczek związków kowalencyjnych i jonów, w których atomy wykazują liczbę przestrzenną nie większą niż 4;

8) określa liczbę przestrzenną atomu w cząsteczce lub jonie złożonym (nie większą niż 4) na podstawie wzorów elektronowych i teorii VSEPR, określa na podstawie liczby przestrzennej kształt drobin i szacuje przybliżone wartości kątów między wiązaniami, określa budowę przestrzenną cząsteczek lub ich fragmentów (liniowa, płaska, przestrzenna), buduje i analizuje modele cząsteczek i jonów złożonych;

9) przypisuje orbitalom walencyjnym wybranych atomów typ hybrydyzacji (sp, $sp^2$, $sp^3$) na podstawie budowy przestrzennej cząsteczek lub jonów złożonych;

10) opisuje sposób tworzenia wiązań σ (w wyniku czołowego nakładania orbitali s, p i orbitali zhybrydyzowanych), wiązań π oraz wiązań zdelokalizowanych w węglowodorach aromatycznych (w wyniku bocznego nakładania orbitali p);

11) opisuje i przewiduje wpływ rodzaju wiązania (jonowe, kowalencyjne, metaliczne) i rodzaju kryształu (jonowy, kowalencyjny, molekularny, metaliczny) na właściwości fizyczne substancji;

12) wskazuje polarne i niepolarne fragmenty drobin nieorganicznych i organicznych na podstawie podanej mapy potencjału elektrostatycznego gęstości elektronowej lub analizy polaryzacji wiązań i rozkładu ładunków całkowitych lub cząstkowych;

13) opisuje i przewiduje wpływ oddziaływań międzycząsteczkowych: dipolowych, dyspersyjnych i wiązań wodorowych (między atomami F, O, N a atomami wodoru w grupach F–H, O–H, N–H) na właściwości fizyczne substancji.

## III. Obliczenia chemiczne w praktyce

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: cyfry znaczące, niepewność pomiaru, liczność materii, mol, masa molowa, objętość molowa, stała Avogadra, rozpuszczalność, gęstość, hydrat, warunki standardowe (tj. 0 °C, $10^5$ Pa), stężenie: masowe, procentowe, molowe;

2) odczytuje i zapisuje wartości pomiarowe z urządzeń cyfrowych, analogowych i szkła miarowego (cylindra miarowego, kolby miarowej, pipety jedno- i wielomiarowej, biurety) ze stosowną dokładnością (dokładność skali, dokładność urządzenia) oraz analizuje wyniki serii pomiarów, identyfikuje błędy grube, oblicza wynik średni z zachowaniem odpowiedniej liczby cyfr znaczących;

3) przeprowadza obliczenia chemiczne z uwzględnieniem dokładności wyrażonej stosowną liczbą cyfr znaczących;

4) odczytuje w układzie okresowym masy atomowe pierwiastków, ustala masę molową pierwiastków i związków chemicznych oraz masę atomów i cząsteczek wyrażoną w gramach, ustala liczbę moli substancji w próbce o określonej masie lub objętości dla substancji w fazie gazowej, oblicza masę molową na podstawie liczby atomów, cząsteczek lub jednostek formalnych w próbce oraz jej masy, oblicza liczbę drobin w próbce na podstawie jej masy lub objętości: dla cieczy i ciał stałych z wykorzystaniem gęstości oraz dla gazów w warunkach standardowych;

5) oblicza masę molową substancji w fazie gazowej na podstawie jej gęstości i objętości molowej w warunkach standardowych oraz oblicza gęstość substancji w fazie gazowej na podstawie jej masy molowej i objętości molowej;

6) ustala wzór empiryczny i rzeczywisty związku chemicznego na podstawie informacji o jego składzie masowym lub molowym oraz masie molowej;

7) dokonuje przeliczeń dotyczących sposobu wyrażania składu roztworu, z uwzględnieniem stężenia procentowego, masowego, molowego oraz rozpuszczalności dla roztworów nasyconych;

8) wykonuje obliczenia i planuje procedurę otrzymywania, zatężania i rozcieńczania roztworów z wykorzystaniem informacji na temat rozpuszczalności substancji

(z uwzględnieniem hydratów) oraz sporządza roztwór wodny substancji o określonym stężeniu procentowym, masowym lub molowym;

9) pozyskuje dane, rysuje oraz analizuje wykres zależności rozpuszczalności lub składu roztworu nasyconego od temperatury oraz na podstawie wykresu ustala masę substancji, jaką można wydzielić z roztworu w wyniku zmiany temperatury lub odparowania wody;

10) bilansuje szkieletowe równania reakcji chemicznych, stosuje zapis równań reakcji w formie cząsteczkowej, jonowej i jonowej skróconej z uwzględnieniem indeksów określających stan skupienia substratów i produktów;

11) interpretuje równania reakcji chemicznych jako uproszczony, symboliczny zapis rzeczywistych przemian drobin na poziomie submikroskopowym oraz ustala na podstawie równania reakcji stosunki molowe, masowe i objętościowe (dla gazów) substratów i produktów;

12) ustala, dla układów, w których zachodzi jedna reakcja chemiczna, substrat limitujący lub określa, że substraty zmieszano w stosunku stechiometrycznym, oblicza ilość powstających produktów wyrażoną liczbą moli, masą lub objętością (dla gazów w warunkach standardowych) na podstawie ilości substratu oraz ilość substratu na podstawie ilości produktu;

13) oblicza, dla układów, w których zachodzi jedna reakcja chemiczna, wydajność reakcji i stopień przereagowania substratu na podstawie ilości otrzymanego produktu lub ilości zużytego substratu oraz oblicza ilość zużytego substratu lub ilość otrzymanego produktu z wykorzystaniem wydajności reakcji i stopnia przereagowania substratu;

14) wykonuje obliczenia stechiometryczne dla reakcji zachodzących w roztworach wodnych na podstawie podanego równania reakcji oraz informacji o objętościach i stężeniach roztworów;

15) wyznacza doświadczalnie liczbę moli, masę lub stężenie roztworu badanej substancji na podstawie zmierzonej objętości roztworu odczynnika potrzebnego do całkowitego przereagowania badanej substancji oraz podanego równania zachodzącej reakcji.

## IV. Elementy chemii nieorganicznej

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: tlenek, wodorek, wodorotlenek, sól, wodorosól, dysocjacja elektrolityczna, charakter chemiczny, atom centralny, ligand, liczba koordynacyjna, jon kompleksowy, wskaźnik kwasowo-zasadowy;

2) podaje nazwy i pisze wzory: związków pierwiastków z wodorem, tlenków, wodorotlenków, kwasów, soli (składającej się z jednego rodzaju kationu i jednego rodzaju anionu), z uwzględnieniem wodorosoli oraz hydratów;

3) opisuje właściwości fizyczne: stan skupienia pod ciśnieniem atmosferycznym i w temperaturze pokojowej oraz barwę pierwiastków o symbolach: H, Li, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Cr, Fe, Cu, Zn, Br, Ag, I, Pt, Au, Hg, Pb;

4) analizuje podane dane literaturowe, omawia tendencje zmian: promienia atomowego, promieni jonowych, pierwszej energii jonizacji, elektroujemności w skali Paulinga na tle układu okresowego pierwiastków chemicznych;

5) wyszukuje, przetwarza i porównuje informacje na temat budowy, właściwości fizycznych i chemicznych odmian alotropowych węgla (diamentu i grafitu) i tlenu (dwuatomowego i ozonu), oraz na temat warstwy ozonowej i obecności ozonu przy powierzchni Ziemi jako zanieczyszczenia powietrza;

6) opisuje budowę związków pierwiastków grupy 1. i 17. oraz pierwiastków okresu 3. z wodorem i tlenem, omawia zależność między typem wiązania a temperaturą topnienia, wrzenia i przewodnictwem elektrycznym tych związków w stanie stałym i stopionym;

7) bada pod kierunkiem nauczyciela rozpuszczalność wodorotlenków: NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$ oraz $Al(OH)_3$ w wodzie oraz omawia zachowanie tych związków wobec wody z dodatkiem odpowiednio dobranego wskaźnika;

8) pisze równania dysocjacji elektrolitycznej wodorotlenków dobrze rozpuszczalnych w wodzie i równanie reakcji amoniaku z wodą;

9) przeprowadza doświadczenia pozwalające otrzymać wodorotlenki: LiOH, NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, $Al(OH)_3$ z wykorzystaniem odpowiedniej metody: reakcja

metalu, tlenku lub wodorku z wodą, reakcja soli z NaOH, KOH lub $NH_{3(aq)}$ oraz pisze odpowiednie równania reakcji;

10) opisuje budowę cząsteczek $HNO_3$, $H_2SO_4$, $H_2SO_3$, $H_2CO_3$, $H_3PO_4$, $HClO_4$, HF, HCl, HBr, HI i na jej podstawie klasyfikuje kwasy na tlenowe i beztlenowe, jednoprotonowe i wieloprotonowe, porównuje moc wybranych kwasów na podstawie liczby atomów tlenu niezwiązanych z atomami wodoru, elektroujemności, promienia atomowego i stopnia utlenienia atomu niemetalu, dzieli wymienione kwasy na trwałe i nietrwałe;

11) opisuje otrzymywanie kwasów beztlenowych przez rozpuszczanie związku wodoru z niemetalem w wodzie oraz otrzymywanie kwasów tlenowych: $H_2SO_4$, $H_2SO_3$, $H_2CO_3$, $H_3PO_4$ w wyniku reakcji tlenku niemetalu z wodą, pisze odpowiednie równania reakcji;

12) pisze równania dysocjacji elektrolitycznej kwasów ($HNO_3$, $H_2SO_4$, $H_2SO_3$, $H_2CO_3$, $H_3PO_4$, $HClO_4$, HF, HCl, HBr, HI) z uwzględnieniem dysocjacji stopniowej;

13) analizuje dane literaturowe i omawia właściwości fizyczne soli (temperaturę topnienia, przewodnictwo elektryczne w postaci stałej i stopionej) w odniesieniu do ich budowy jonowej;

14) bada pod kierunkiem nauczyciela reakcje powstawania soli w procesach kwasowo-zasadowych: reakcja kwasu i wodorotlenku lub amoniaku, reakcja kwasu i tlenku metalu, reakcja tlenku niemetalu i wodorotlenku, pisze równania tych reakcji oraz planuje doświadczenia pozwalające otrzymać sole wskazanymi metodami;

15) pisze równania reakcji kwasów wieloprotonowych ($H_2SO_4$, $H_2SO_3$, $H_2CO_3$, $H_3PO_4$) z wodorotlenkami grupy 1. układu okresowego pierwiastków chemicznych z uwzględnieniem możliwości powstawania wodorosoli w zależności od zastosowanego stosunku molowego reagentów;

16) bada pod kierunkiem nauczyciela przebieg i kryteria zachodzenia reakcji prowadzących do powstawania soli w procesach jonowych, zachodzących w roztworach wodnych: reakcja soli z kwasem, reakcja soli z NaOH, KOH lub $NH_{3(aq)}$, reakcja dwóch soli, omawia kryteria zachodzenia tych reakcji oraz planuje doświadczenia pozwalające otrzymać sole wskazanymi metodami, pisze odpowiednie równania reakcji;

17) bada pod kierunkiem nauczyciela zachowanie tlenków: MgO, γ-$Al_2O_3$, $SiO_2$, $P_4O_{10}$, wobec wody z dodatkiem odpowiednio dobranego wskaźnika oraz na podstawie zmiany barwy wskaźnika wskazuje tlenki kwasotwórcze, zasadotwórcze i obojętne wobec wody;

18) planuje i przeprowadza doświadczenia, których celem jest określenie charakteru chemicznego wybranego tlenku (kwasowy, zasadowy, amfoteryczny lub obojętny) oraz wodorotlenku (zasadowy, amfoteryczny);

19) bada samodzielnie na wybranych przykładach tendencję zmian charakteru chemicznego związków pierwiastków okresu 3. (tlenków, kwasów, wodorotlenków), w których atom danego pierwiastka występuje na najwyższym stopniu utlenienia, omawia tendencję zmian i pisze równania reakcji tych związków z kwasami i wodorotlenkami w roztworach wodnych, z uwzględnieniem hydroksokompleksów;

20) opisuje budowę jonu kompleksowego (hydroksokompleksu, akwakompleksu, akwahydroksokompleksu), wskazuje we wzorze jonu kompleksowego atom centralny, ligandy oraz liczbę koordynacyjną, pisze równania reakcji, w tym równania dysocjacji elektrolitycznej soli, z udziałem akwakompleksów, akwahydroksokompleksów, hydroksokompleksów na podstawie wskazanych liczb koordynacyjnych, dla jonów zawierających atomy centralne: $Al^{3+}$, $Zn^{2+}$, $Cu^{2+}$, $Cr^{3+}$, $Mg^{2+}$, $Fe^{3+}$, $Fe^{2+}$.

## V. Reakcje zachodzące z wymianą elektronów

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: reakcja redoks, półogniwo, potencjał standardowy półogniwa, anoda, katoda, siła elektromotoryczna, pasywacja glinu;

2) bada pod kierunkiem nauczyciela wybrane reakcje redoks w roztworach wodnych oraz interpretuje przebieg tych reakcji na podstawie tabeli barw jonów w roztworach wodnych oraz barw osadów;

3) określa maksymalny stopień utlenienia atomu metalu i niemetalu oraz minimalny stopień utlenienia atomu niemetalu na podstawie położenia pierwiastka w układzie okresowym, dla pierwiastków grup 1., 2., 13.-17.;

4) określa stopnie utlenienia atomów pierwiastków w drobinach nieorganicznych i organicznych oraz wskazuje utleniacz i reduktor w podanym równaniu reakcji redoks;

5) uzgadnia szkieletowe równanie reakcji redoks w formie cząsteczkowej metodą bilansu elektronowego oraz uzgadnia schematy reakcji redoks w formie jonowej metodą bilansu elektronowo-jonowego, z uwzględnieniem środowiska reakcji, przewiduje zmianę kwasowości roztworu na podstawie przebiegu reakcji;

6) bada samodzielnie wpływ wybranego czynnika (np. stężenia, pH) na przebieg reakcji redoks, interpretuje przebieg badanych reakcji na podstawie tabeli barw jonów w roztworach wodnych oraz barw osadów, formułuje wnioski i pisze równania zachodzących reakcji;

7) przewiduje kierunek samorzutnego przebiegu reakcji redoks na podstawie wartości potencjałów standardowych półogniw lub szeregu elektrochemicznego metali, pisze odpowiednie równania reakcji;

8) pisze równania reakcji bezpośredniej syntezy soli z metalu i niemetalu, analizuje zmiany stopni utlenienia reagujących pierwiastków;

9) bada pod kierunkiem nauczyciela zachowanie wybranych metali wobec roztworów zawierających kationy metali oraz zachowanie roztworów wodnych niemetali grupy 17. ($Cl_2$, $Br_2$, $I_2$) wobec roztworów zawierających aniony chlorowców ($Cl^-$, $Br^-$, $I^-$), interpretuje wyniki badania na podstawie tabeli barw jonów w roztworach wodnych oraz barw osadów, formułuje wnioski i pisze równania zachodzących reakcji;

10) omawia zachowanie metali (Al, Cu, Ag, Zn, Mg) wobec kwasów o silnych właściwościach utleniających (stężony lub rozcieńczony $HNO_3$) oraz metali (Al, Cu, Ag, Zn, Mg, Li, Na) wobec kwasów o słabych właściwościach utleniających (np. HCl), pisze odpowiednie równania reakcji;

11) konstruuje ogniwo Daniella, wykonuje schematyczny rysunek ogniwa, opisuje procesy zachodzące na elektrodach, omawia mechanizm generowania potencjału elektrodowego, wskazuje kierunki migracji jonów i elektronów, pisze równania reakcji elektrodowych i sumaryczne równanie reakcji;

12) pisze w konwencji sztokholmskiej schemat ogniwa zbudowanego z półogniw metalicznych oraz oblicza siłę elektromotoryczną ogniwa galwanicznego w stanie standardowym na podstawie potencjałów standardowych półogniw.

## VI. Elementy chemii fizycznej

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: szybkość reakcji, katalizator, reakcja egzo- i endotermiczna, energia aktywacji, entalpia reakcji, profil energetyczny reakcji, energia chemiczna, energia cieplna, stan równowagi dynamicznej, stężeniowa stała równowagi;

2) wyznacza średnią szybkość reakcji na podstawie danych pomiarowych w wybranym przedziale czasu;

3) bada samodzielnie wpływ: stężenia substratów, obecności katalizatora, stopnia rozdrobnienia substratów i temperatury na szybkość reakcji w ujęciu jakościowym, omawia zaobserwowane zależności;

4) interpretuje zapis $\Delta H < 0$ i $\Delta H > 0$ i na tej podstawie określa, czy reakcja jest egzo- czy endotermiczna, omawia przemiany form energii chemicznej i cieplnej podczas reakcji egzo- i endotermicznych, analizuje i omawia profile energetyczne reakcji egzo- i endotermicznych, z udziałem i bez udziału katalizatora;

5) pisze wyrażenie na stężeniową stałą równowagi reakcji, oblicza wartość stałej równowagi na podstawie stężeń równowagowych reagentów oraz oblicza brakujące stężenie równowagowe jednego z reagentów na podstawie wartości stężeniowej stałej równowagi i znanych stężeń równowagowych reagentów;

6) oblicza stężenia produktów w stanie równowagi na podstawie wartości stężeniowej stałej równowagi i początkowych stężeń substratów oraz oblicza stężenia początkowe substratów na podstawie stężeń produktów w stanie równowagi;

7) wymienia czynniki, które wpływają na położenie stanu równowagi reakcji, stosuje regułę przekory do jakościowego określenia wpływu zmian temperatury, stężenia substratów i produktów oraz objętości na układ będący w stanie równowagi dynamicznej oraz omawia, dlaczego obecność katalizatora nie wpływa na położenie stanu równowagi reakcji.

## VII. Kwasy i zasady

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: stała dysocjacji kwasowej, stała dysocjacji zasadowej, stopień dysocjacji, iloczyn jonowy wody, pH, pOH, kwas Brønsteda, zasada Brønsteda;

2) klasyfikuje substancje jako kwasy lub zasady zgodnie z teorią Brønsteda oraz wskazuje sprzężone pary kwas – zasada;

3) pisze, w ujęciu teorii Brønsteda, równanie autodysocjacji wody, równania dysocjacji zasadowej jonów $CO_3^{2-}$, $HCO_3^-$, $SO_3^{2-}$, $HSO_3^-$, $NO_2^-$, $PO_4^{3-}$, $HPO_4^{2-}$, $H_2PO_4^-$, $S^{2-}$, $F^-$, $HS^-$, $CH_3COO^-$, równania dysocjacji kwasowej jonów $HCO_3^-$, $HSO_4^-$, $HPO_4^{2-}$, $H_2PO_4^-$, $HS^-$ i $NH_4^+$, równania dysocjacji kwasowej akwakompleksów $Al^{3+}$, $Zn^{2+}$, $Cu^{2+}$, $Cr^{3+}$, $Mg^{2+}$, $Fe^{3+}$, $Fe^{2+}$ z uwzględnieniem powstawania akwahydroksokompleksów oraz pisze równania reakcji kwasowo-zasadowych wymienionych drobin z jonem $H_3O^+$ lub $OH^-$ w ujęciu teorii Brønsteda;

4) oblicza wartość stałej dysocjacji kwasowej drobiny na podstawie wartości stałej dysocjacji zasadowej drobiny z nią sprzężonej i odwrotnie, porównuje i interpretuje moc kwasów lub zasad na podstawie wartości stałych dysocjacji kwasowej lub dysocjacji zasadowej;

5) przewiduje odczyn roztworów soli amonu i mocnych kwasów oraz soli metali grupy 1., w tym wodorosoli, określa proces determinujący odczyn roztworu;

6) określa odczyn lub oblicza pH i pOH roztworu na podstawie wartości stężenia jonów $H_3O^+$ lub $OH^-$ w temperaturze 25 °C oraz oblicza pH roztworów mocnych i słabych elektrolitów, w tym kwasów, zasad i soli kwasów jednoprotonowych w roztworach wodnych w temperaturze 25 °C;

7) omawia jakościowo wpływ rozcieńczenia lub zatężenia roztworu na wartość stopnia dysocjacji elektrolitu, oblicza wartość stopnia dysocjacji elektrolitu na podstawie stężenia roztworu lub wartości pH roztworu i wartości stałej dysocjacji, oblicza wartość stałej dysocjacji na podstawie stopnia dysocjacji i stężenia roztworu lub wartości pH roztworu;

8) bada samodzielnie odczyn i wyznacza lub szacuje pH roztworów;

9) omawia działanie wskaźników kwasowo-zasadowych w ujęciu jakościowym;

10) analizuje krzywe miareczkowania alkacymetrycznego z jednym punktem równoważnikowym, wskazuje punkt początkowy oraz punkt równoważnikowy i interpretuje wartość pH roztworu w tych punktach.

## VIII. Budowa i właściwości fizyczne związków organicznych

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: stereoizomer, centrum stereogeniczne, enancjomer, chiralność, płaszczyzna symetrii, rzędowość, stopień nienasycenia, równocenność atomów;

2) omawia i stosuje założenia teorii strukturalnej budowy związków organicznych, w których skład wchodzi azot, pisze wzory sumaryczne, rysuje wzory strukturalne, półstrukturalne, szkieletowe cząsteczek tych związków na podstawie informacji o ich strukturze, w tym modelu budowy cząsteczki oraz na podstawie wzoru strukturalnego, półstrukturalnego, szkieletowego lub modelu budowy cząsteczki pisze wzór sumaryczny cząsteczki;

3) wskazuje i nazywa we wzorach strukturalnych i szkieletowych cząsteczek związków organicznych (w tym leków i substancji pochodzenia naturalnego) fragment cykliczny oraz grupy funkcyjne: ketonową, aldehydową, aminową (rozróżnia aminy alifatyczne i aromatyczne), amidową, nitrową, rozróżnia alkohole i fenole, identyfikuje fragmenty struktury charakterystyczne dla cukrów, tłuszczów właściwych, aminokwasów i peptydów, w tym białek;

4) wskazuje w cząsteczkach związków organicznych atomy węgla I-, II-, III-, IV-rzędowe (dla atomów o hybrydyzacji orbitali walencyjnych $sp^3$), rozróżnia alkohole i aminy I-, II-, III-rzędowe;

5) klasyfikuje związki organiczne do odpowiedniej grupy (cykloalkany, cykloalkeny, dieny, benzen i jego pochodne, halogenopochodne węglowodorów, fenole, aldehydy, ketony, aminy, amidy, hydroksykwasy i aminokwasy) na podstawie analizy ich wzorów strukturalnych, półstrukturalnych, szkieletowych lub modeli cząsteczek;

6) pisze nazwy systematyczne węglowodorów (nierozgałęzionych, rozgałęzionych, cyklicznych jednopierścieniowych i aromatycznych jednopierścieniowych)

zawierających do 10 atomów węgla w cząsteczce, z podstawnikami nierozgałęzionymi i ewentualnymi wiązaniami wielokrotnymi w łańcuchu głównym lub pierścieniu, pochodnych jednofunkcyjnych tych węglowodorów zawierających następujące podstawniki i grupy funkcyjne w cząsteczce: halogenowe, hydroksylowe, aldehydowe, ketonowe, karboksylowe, estrowe oraz dwufunkcyjnych pochodnych zawierających grupy: karboksylową i hydroksylową oraz karboksylową i aminową; stosuje nazwy zwyczajowe związków organicznych: toluen, styren, fenol, formaldehyd, acetaldehyd, benzaldehyd, aceton, kwas benzoesowy, anilina, formamid, acetamid, benzamid, mocznik, glicyna;

7) buduje modele i rysuje wzory strukturalne i półstrukturalne izomerów konstytucyjnych związku organicznego na podstawie podanego wzoru sumarycznego, strukturalnego, półstrukturalnego, szkieletowego lub modelu budowy cząsteczki, zawierającej nie więcej niż 10 atomów węgla;

8) wyznacza stopień nienasycenia cząsteczki związku organicznego zawierającej atomy węgla, wodoru, tlenu, azotu, halogenów na podstawie wzoru sumarycznego oraz określa, na podstawie wartości stopnia nienasycenia i wzoru sumarycznego, jakie fragmenty struktury (w tym podstawniki, grupy funkcyjne) może zawierać dany związek;

9) wskazuje grupy równocennych atomów węgla i atomów wodoru w cząsteczkach węglowodorów;

10) rysuje wzory strukturalne, półstrukturalne i szkieletowe stereoizomerów E/Z, w tym cis-trans oraz wzory klinowe izomerów optycznych zawierających jedno centrum stereogeniczne (asymetryczny atom węgla) w cząsteczce, określa warunki występowania stereoizomerii, rozpoznaje izomery E/Z oraz wskazuje pary enancjomerów;

11) omawia wpływ budowy cząsteczek związków organicznych (długości i kształtu łańcucha węglowego oraz obecności podstawników lub grup funkcyjnych) na temperaturę wrzenia i proponuje sposób odróżnienia od siebie tych związków;

12) wskazuje fragmenty hydrofilowe i hydrofobowe drobin organicznych, w tym substancji powierzchniowo czynnych, wskazuje i omawia oddziaływania pomiędzy drobinami organicznymi a cząsteczkami rozpuszczalnika;

13) omawia i wykorzystuje w praktyce sposoby rozdzielenia roztworów właściwych (ciał stałych w cieczach, cieczy w cieczach) na składniki (ekstrakcja metodą nieciągłą, chromatografia bibułowa lub cienkowarstwowa, krystalizacja, destylacja);

14) klasyfikuje reakcje związków organicznych ze względu na typ procesu: izomeryzacja, addycja, w tym polimeryzacja addycyjna, eliminacja, substytucja, kondensacja, w tym polimeryzacja kondensacyjna;

15) pisze równania reakcji spalania węglowodorów oraz ich tlenowych pochodnych przy różnym dostępie tlenu, określa rodzaj spalania, omawia wpływ warunków spalania na rodzaj powstających produktów i związane z tym zagrożenia.

## IX. Właściwości chemiczne węglowodorów i ich halogenopochodnych

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: produkt główny, produkt uboczny;

2) wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat wpływu węglowodorów na środowisko, konsekwencji wycieku ropy naftowej do wód i gleby oraz toksyczności węglowodorów dla środowiska;

3) opisuje budowę jednopierścieniowych cząsteczek węglowodorów aromatycznych (np. benzen, toluen) z uwzględnieniem struktury elektronowej cząsteczki;

4) bada pod kierunkiem nauczyciela zachowanie węglowodorów nasyconych i aromatycznych (np. toluenu) wobec bromu (stosując rozcieńczony roztwór w rozpuszczalniku niewodnym) w zależności od warunków (bez dostępu światła, przy dostępie światła, w obecności katalizatora), przewiduje liczbę izomerów konstytucyjnych monobromo- i monochloropochodnych otrzymanych w reakcji węglowodorów nasyconych z bromem lub chlorem, pisze schematy i równania tych reakcji oraz obrazuje ich przebieg za pomocą modeli;

5) bada pod kierunkiem nauczyciela przebieg reakcji bromowania związków nienasyconych (stosując rozcieńczony roztwór bromu w rozpuszczalniku niewodnym), pisze schematy i równania reakcji addycji wodoru, chloru, bromu, chlorowodoru, bromowodoru i wody do związków nienasyconych, przewiduje produkt

główny i produkty uboczne reakcji z uwzględnieniem reguły Markownikowa oraz obrazuje przebieg tych reakcji za pomocą modeli;

6) pisze schematy i równania reakcji eliminacji chloru i bromu z dihalogenopochodnych (z wykorzystaniem cynku lub sodu) prowadzących do powstawania alkenów lub cykloalkanów, reakcji eliminacji chlorowodoru i bromowodoru z halogenopochodnych (z wykorzystaniem alkoholowych roztworów NaOH lub KOH) oraz reakcji eliminacji wody z alkoholi (w obecności katalizatora), przewiduje produkt główny i produkty uboczne reakcji z uwzględnieniem reguły Zajcewa, obrazuje przebieg tych reakcji za pomocą modeli;

7) pisze schematy i równania reakcji substytucji halogenopochodnych węglowodorów (w obrębie nasyconego fragmentu cząsteczki) z NaOH lub KOH w roztworze wodnym, obrazuje przebieg tych reakcji za pomocą modeli;

8) pisze schematy reakcji polimeryzacji addycyjnej podanych monomerów, których cząsteczki zawierają jedno wiązanie podwójne w szkielecie węglowym.

## X. Tlenowe i azotowe pochodne węglowodorów

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: jon obojnaczy, forma kationowa, forma anionowa, punkt izoelektryczny;

2) porównuje budowę cząsteczek wody, metanolu, etanolu, propan-1-olu, propan-2-olu, etano-1,2-diolu, glicerolu, acetonu, formaldehydu, benzaldehydu, kwasów: mrówkowego, octowego, propanowego, szczawiowego, palmitynowego, stearynowego, oleinowego i ich estrów oraz wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat właściwości fizycznych i zastosowań acetonu, formaldehydu, benzaldehydu i poznanych estrów;

3) bada pod kierunkiem nauczyciela właściwości redukujące jednofunkcyjnych nasyconych pochodnych węglowodorów: alkoholi o różnej rzędowości, aldehydów, ketonów i kwasów monokarboksylowych w reakcji z manganianem(VII) potasu w zakwaszonym roztworze wodnym, formułuje wnioski i ogólne prawidłowości;

4) analizuje, jak w kolejnych etapach utleniania pochodnych węglowodorów zmienia się struktura cząsteczki związku oraz stopnie utlenienia wybranych atomów (np. w szeregu: metanol, formaldehyd, kwas mrówkowy, tlenek węgla(IV)), określa stopień utlenienia atomu węgla grupy funkcyjnej, omawia reakcję utleniania cząsteczki związku organicznego jako odłączenie dwóch atomów wodoru lub przyłączenie atomu tlenu (-[2H], +[O]) oraz reakcję redukcji jako przyłączenie dwóch atomów wodoru lub eliminację atomu tlenu (+[2H], -[O]) z cząsteczki, obrazuje przebieg tych reakcji za pomocą modeli;

5) przewiduje na podstawie struktury cząsteczek jednofunkcyjnych nasyconych pochodnych węglowodorów: alkoholi o różnej rzędowości, aldehydów, ketonów i kwasów monokarboksylowych ich właściwości redukujące w próbie z manganianem(VII) potasu w zakwaszonym roztworze wodnym, pisze schematy odpowiednich reakcji (bez rozrywania szkieletu węglowego cząsteczki) oraz planuje doświadczenie pozwalające rozróżnić wybrane związki w próbie z manganianem(VII) potasu w zakwaszonym roztworze wodnym;

6) bada samodzielnie odczyn lub pH wodnych roztworów wybranych alkoholi, fenoli, aldehydów, ketonów i kwasów karboksylowych oraz bada pod kierunkiem nauczyciela zachowanie alkoholi, fenoli i kwasów karboksylowych wobec metali grupy 1., wodorotlenków i wodorowęglanów, omawia i porównuje właściwości kwasowo-zasadowe zbadanych związków, pisze odpowiednie równania reakcji w ujęciu teorii Brønsteda;

7) przewiduje na podstawie struktury cząsteczek jednofunkcyjnych nasyconych pochodnych węglowodorów: alkoholi, fenoli, aldehydów, ketonów i kwasów karboksylowych ich właściwości kwasowo-zasadowe oraz planuje doświadczenie pozwalające rozróżnić wybrane związki na podstawie odczynu lub pH ich wodnych roztworów i zachowania tych związków wobec metali grupy 1., wodorotlenków i wodorowęglanów;

8) omawia wpływ efektu indukcyjnego grupy alkilowej, pierścienia aromatycznego, grupy karbonylowej wobec grupy hydroksylowej (w cząsteczkach alkoholi, fenoli i kwasów karboksylowych) oraz wpływ liczby i rodzaju podstawników halogenowych oraz ich odległości od grupy karboksylowej w cząsteczkach kwasów

monokarboksylowych na wartości stałych dysocjacji kwasowej porównywanych związków;

9) porównuje budowę cząsteczek amoniaku, metyloaminy, etyloaminy, dietyloaminy, aniliny oraz wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat ich właściwości fizycznych i występowania;

10) przewiduje odczyn wodnych roztworów metyloaminy, etyloaminy, dietyloaminy, aniliny oraz ich zachowanie wobec roztworów mocnych kwasów, pisze odpowiednie równania reakcji w ujęciu teorii Brønsteda;

11) przewiduje właściwości kwasowo-zasadowe aminokwasu na podstawie budowy jego cząsteczki (niezawierającej dodatkowych grup kwasowo-zasadowych w łańcuchu bocznym) oraz bada samodzielnie zachowanie aminokwasów wobec kwasów i zasad w obecności wskaźników kwasowo-zasadowych i zapisuje odpowiednie równania tych reakcji w ujęciu teorii Brønsteda.

## XI. Reakcje kondensacji i związki organiczne w życiu codziennym

Uczeń:

1) stosuje pojęcia: polimeryzacja kondensacyjna, poliester, amid, poliamid, peptyd, polipeptyd;

2) pisze schematy i równania reakcji alkoholi i fenoli z kwasami karboksylowymi oraz amoniaku i amin z kwasami karboksylowymi, obrazuje przebieg tych reakcji chemicznych za pomocą modeli;

3) pisze schematy i równania reakcji polikondensacji: hydroksykwasów, aminokwasów, diamin z kwasami dikarboksylowymi, alkanodioli lub difenoli z kwasami dikarboksylowymi, rysuje wzory monomerów oraz wskazuje mer na podstawie przedstawionej struktury polimeru, wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat właściwości i wynikających z nich zastosowań wybranych poliestrów i poliamidów;

4) wyszukuje, przetwarza i prezentuje informacje na temat zagrożeń związanych z obecnością mikroplastiku w środowisku oraz spalania tworzyw sztucznych.

## Wymagania szczegółowe dotyczące doświadczeń edukacyjnych (zakres rozszerzony)

W ramach zajęć z chemii uczeń zdobywa doświadczenia edukacyjne, które przez swój praktyczny charakter wspierają wykorzystanie wiedzy przedmiotowej. Doświadczenia edukacyjne wzmacniają kompetencje fundamentalne i przekrojowe oraz rozwijają sprawczość ucznia.

Uczeń realizuje co najmniej cztery z podanych doświadczeń edukacyjnych. Uczeń indywidualnie lub w grupie:

1) oznacza zawartość substancji czynnej w próbce wybranego z nauczycielem leku lub suplementu diety, wykorzystuje wybraną technikę badawczą i dostępny sprzęt, porównuje otrzymane wyniki z informacjami na opakowaniu;
2) wyznacza eksperymentalnie wybraną stałą fizykochemiczną (np. objętość molową ciała stałego, cieczy lub gazu w określonych warunkach, masę molową gazu, stałą Avogadra, stałą równowagi reakcji, stałą dysocjacji, potencjał standardowy półogniwa), porównuje uzyskany wynik z wartością literaturową, oblicza błąd względny otrzymanego wyniku;
3) tworzy komiks lub animację komputerową przedstawiającą historię kluczowych odkryć naukowych w dziedzinie nauk chemicznych, w szczególności dokonanych przez kobiety, prezentuje efekty swojej pracy w sposób ustalony z nauczycielem;
4) analizuje przekaz reklamowy wybranego kosmetyku lub suplementu diety, wyszukuje, przetwarza i krytycznie analizuje informacje, odróżnia fakty od opinii i mitów, odwołując się do składu chemicznego i działania preparatu, opracowuje alternatywny materiał informacyjny;
5) tworzy w formie cyfrowej mapę potencjału elektrostatycznego gęstości elektronowej wybranej z nauczycielem drobiny organicznej, przeprowadza jej interpretację (np. wnioskuje o wpływie rozkładu gęstości elektronowej na właściwości fizykochemiczne i reaktywność związku) oraz prezentuje wnioski;
6) uczestniczy w wybranym wydarzeniu naukowym na żywo lub w wykładzie online o tematyce chemicznej, przygotowuje notatkę podsumowującą, która zawiera własne przemyślenia na omawiany temat;

7) analizuje wybrany wraz z nauczycielem artykuł naukowy o tematyce chemicznej, na jego podstawie opracowuje artykuł popularnonaukowy przedstawiający w przystępnej formie dane badanie lub zagadnienie.

## Warunki i sposób realizacji

Podstawa programowa chemii kładzie nacisk na zdobywanie wiedzy przez uczniów przez prowadzenie obserwacji, doświadczanie, dociekanie naukowe oraz eksperymentowanie. W zapisie treści nauczania zastosowano szereg czasowników operacyjnych, wskazujących, jakie czynności powinien wykonać i opanować uczeń:

1) zapis „bada samodzielnie" wskazuje, że uczeń planuje eksperyment, czyli formułuje pytanie badawcze oraz hipotezę wraz z uzasadnieniem (teorią na temat prawdopodobnego wyniku), planuje i wykonuje czynności laboratoryjne, zapisuje obserwacje lub dane liczbowe, przeprowadza ich krytyczną analizę, formułuje wnioski, uzasadnienia i uogólnienia, czasownik ten można łączyć z ang. *open inquiry*;
2) zapis „bada pod kierunkiem nauczyciela" wskazuje, że uczeń po raz pierwszy spotyka się z danym zagadnieniem i dociekanie naukowe ukierunkowane jest przez nauczyciela, nacisk położony jest na wykonanie czynności laboratoryjnych, rejestrację wyników, analizę i wnioskowanie (z ang. *guided inquiry*);
3) zapis „planuje doświadczenie" wskazuje, że uczeń stosuje zdobytą wiedzę, np. na temat właściwości substancji i reakcji charakterystycznych, na tej podstawie proponuje schemat postępowania laboratoryjnego pozwalający np. rozróżnić analizowane substancje.

Istotne jest powiązanie obserwowanych na poziomie makroskopowym właściwości substancji oraz objawów reakcji chemicznych z opisem submikroskopowym substancji i procesów, a następnie z zapisem symbolicznym charakterystycznym dla chemii. W tym celu zaleca się angażowanie uczniów w proces modelowania struktury materii oraz reakcji chemicznych z wykorzystaniem klasycznych modeli (np. kulkowych) oraz narzędzi cyfrowych (programów do rysowania i wizualizacji przestrzennej struktur).

Zdobywanie i wykorzystanie wiedzy chemicznej powinno opierać się na zrozumieniu zależności, korelacji, wnioskowaniu, analitycznym i krytycznym myśleniu, formułowaniu

hipotez oraz ich testowaniu. Rozwiązywanie zadań i problemów chemicznych nie powinno opierać się wyłącznie na wiedzy pamięciowej, lecz w znacznym stopniu na praktycznym zastosowaniu zdobytych umiejętności. Uczeń podczas zajęć powinien korzystać z tablic wzorów i stałych fizykochemicznych, w tym tablicy przedstawiającej barwy roztworów i osadów. Uczeń powinien opanować umiejętność odczytywania wyników pomiarów dla urządzeń cyfrowych, analogowych i szkła miarowego oraz zapisywania zmierzonej wartości z dokładnością stosowną dla danej skali i urządzenia. Podczas przetwarzania danych powinien posługiwać się kalkulatorem naukowym, obliczyć oraz przedstawić wynik końcowy z zachowaniem odpowiedniej liczby cyfr znaczących.

Szkolna pracownia chemiczna powinna umożliwiać uczniom bezpieczną, samodzielną pracę laboratoryjną w 2–4-osobowych zespołach badawczych oraz zapewniać przestrzeń sprzyjającą pracy w grupie. Pracownia powinna być wyposażona w:

1) dostęp do bieżącej wody;
2) stoły laboratoryjne ze stanowiskami pracy w liczbie odpowiadającej liczebności grupy;
3) szkło i sprzęt laboratoryjny;
4) zestawy czujników pomiarowych pozwalających na cyfrową rejestrację danych (m.in. pH-metry, termometry, wagi, czujniki $CO_2$);
5) niezbędne odczynniki chemiczne;
6) obowiązkowe wyposażenie bezpieczeństwa i higieny pracy;
7) środki ochrony osobistej dla nauczyciela i uczniów;
8) zestawy do budowania modeli struktur chemicznych;
9) dygestorium;
10) dostęp do internetu;
11) urządzenie do wyświetlania obrazu w dużym formacie.