

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Волинський національний університет імені Лесі Українки**  
**Факультет хімії, екології та фармації**

**ПРОГРАМА**  
**КОМПЛЕКСНОГО КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ДЕРЖАВНОГО ЕКЗАМЕНУ**  
**З ХІМІЇ ТА МЕТОДИКИ ЇЇ ВИКЛАДАННЯ**  
освітній рівень – бакалавр  
для спеціальності 014 Середня освіта (Хімія)

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
**Вченою Радою факультету хімії, екології та фармації**  
**протокол № 2 від 30 вересня 2020 року**

Голова Вченої ради  **Марушко Л. П.**

**Луцьк – 2020**

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програму розроблено на основі освітньо-професійної програми Середня освіта. Хімія, за навчальним планом, затвердженим 2020 року.

Метою державної атестації є перевірка сформованості ключових компетентностей фахівців в галузі хімії та методики навчання хімії, необхідних для професійної діяльності, творчої самореалізації особистості, розуміння природничо-наукової картини світу, вироблення екологічного стилю мислення і поведінки та виховання громадянина демократичного суспільства.

Розробники:

Розробники:

*Іващенко І.А.*



доцент кафедри хімії та технологій

*Корольчук С. І.*



доцент кафедри хімії та технологій

*Яничук О.М.*



доцент кафедри хімії та технологій

*Сливка Н.Ю.*



доцент кафедри органічної хімії та фармації

*Кадикало Е.М.*



доцент кафедри органічної хімії та фармації

## ЗМІСТ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН

### 1. ЗАГАЛЬНА ТА НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

#### 1.1. Загальна хімія.

**1.1.1. Будова атома.** Історичні моделі будови атома. Експериментальні основи квантової механіки. Постулати Бора та спектр атома Гідрогену. Хвилі де-Бройля та принцип невизначеності Гейзенберга. Основні постулати квантової механіки. Рівняння Шредінгера для найпростіших систем. Полярні координати для атома Гідрогену. Розв'язок рівняння Шредінгера для атома Гідрогену. Атомні орбіталі і їх класифікація. Квантова числа. Квантування орбітального, магнітного та спінового моментів. Багатоелектронні атоми. Наближені методи розв'язку рівняння Шредінгера. Принцип Паулі. Екранування ядра електронами. Ефективні заряди ядра. Правила заповнення енергетичних рівнів багатоелектронних атомів. Потенціали іонізації, спорідненості до електрона, електронегативності. Квантові числа багатоелектронного атома. Правила Гунда. Будова атомного ядра. Природна і штучна радіоактивність. Період напіврозпаду. Ядерні реакції.

**1.1.2. Періодичний закон Д.І. Менделєєва.** Періодичний закон Д.І. Менделєєва та його сучасне формулювання. Ізотопи, ізобари, ізотони. Будова Періодичної таблиці. Зміна характеристик елементів по періодах і групах. Вторинна та внутрішня періодичність. Лантаніоїдне та актиноїдне стиснення. Зв'язок порядкового номера з поширеністю елемента в природі.

**1.1.3. Теорія хімічного зв'язку.** Основні характеристики хімічного зв'язку. Метод валентних зв'язків. Схеми Льюїса для ковалентних молекул. Типи гібридизації. Кратні ковалентні зв'язки. Ароматичний цикл. Насиченість та напрямленість ковалентного зв'язку. Індукційні ефекти в різних атомних групах. Донорно-акцепторна взаємодія. Валентний кут аналогів. Дипольний момент та поляризація ковалентного зв'язку. Зв'язки з надлишком та недостатчею електронів. Модель Гейтлера-Лондона. Метод молекулярних орбіталей (МО). Метод МО як лінійна комбінація атомних орбіталей (МО ЛКАО). Побудова діаграм МО для двохатомних гомоядерних молекул. Кратність зв'язку. Молекулярні терми двохатомних гомоядерних молекул. Гетероядерні молекули за методом МО. Ізоелектронні сполуки. Діаграма МО молекули HF. Схема утворення іонного зв'язку. Енергія іонного кристалу. Постійна Маделунга. Металічний зв'язок. Водневий зв'язок. Міжмолекулярна взаємодія.

**1.1.4. Класи неорганічних сполук.** Способи класифікації неорганічних сполук. Бінарні сполуки, їх класифікація та номенклатура. Бінарні та більш складні сполуки. Основи, кислоти. Ізо- та гетерополікислоти, їх класифікація та номенклатура. Солі. Середні, кислі та основні солі. Подвійні та змішані солі. Осколі та -ілові сполуки. Номенклатура цих сполук.

**1.1.5. Комплексні сполуки.** Основні положення теорії Вернера. Будова комплексного іона. Дентатність лігандів. Класифікація комплексних сполук: за функціональними ознаками, за зарядом комплексу, за природою лігандів. Класифікація за природою комплексоутворювача і характером зв'язків з лігандом: моноядерні, поліядерні, хелатні, сендвічеві, кластерні сполуки, клатрати, аддукти, надкомплексні сполуки. Ізомерія комплексних сполук: сольватна, іонна, координаційна, просторова (геометрична), оптична (дзеркальна); конформаційна та ін. Утворення назв (номенклатура) комплексних сполук. Комплексні сполуки електролітного і неелектролітного типу. Побудова назви аніонних, катіонних та нейтральних комплексів. Хімічний зв'язок у комплексах з позицій методу валентних зв'язків. Метод МО для комплексів. Теорія кристалічного поля. Теорія поля лігандів.

#### 1.2. Неорганічна хімія.

**1.2.1. Гідроген.** Положення Гідрогену в Періодичній системі. Будова атома та основні ступені окиснення. Хімічний зв'язок у молекулі водню. Знаходження в природі. Добування водню в промисловості й лабораторії. Взаємодія водню з металами та неметалами. Вода як найпоширеніша сполука Гідрогену. Фізичні й хімічні властивості води.

**1.2.2. Елементи VII групи.** Особливості електронної будови атомів галогенів. Зміна металічних, окисно-відновних властивостей елементів підгрупи галогенів. Вторинна періодичність у підгрупі галогенів. Знаходження галогенів у природі. Лабораторні та промислові методи добування галогенів. Фізичні та хімічні властивості галогенів. Відношення галогенів до металів та неметалів, води, лугів та кислот. Фізичні та хімічні особливості плавикової кислоти. Зміна окисно-відновних властивостей у ряду  $\text{HCl} - \text{HBr} - \text{HI}$ . Сила кислот та окисні властивості в ряду  $\text{HClO} - \text{HBrO} - \text{HIO}$ . Елементи VII б підгрупи. Загальна характеристика підгрупи. Електронні конфігурації та найстійкіші ступені окиснення. Знаходження в природі та

методи добування Mn, Tc, Re. Фізичні та хімічні властивості. Найважливіші сполуки та їх властивості.

**1.2.3. Елементи VI групи.** Алотропні модифікації Оксигену. Схема зв'язків у їх молекулах. Характеристика оксидів елементів 3-го періоду. Пероксиди і надпероксиди. Властивості озону, озоніди. Алотропні модифікації та діаграма стану сірки. Сполуки Сульфуру з Гідрогеном, металами, Оксигеном, галогенами. Одержання і властивості сульфатної кислоти. Олеум. Ізо- та гетерополікислоти Сульфуру. Фізичні властивості, металічність та окисна здатність елементів підгрупи Селену. Відношення речовин Se, Te, Po до водню, металів, кисню, води, кислот і лугів. Оксигеновмісні кислоти халькогенів та їх солі. Характеристика елементів VIб підгрупи. Характеристика елементів. Зміна в підгрупі атомних та іонних радіусів, іонізаційних потенціалів та електронегативності. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Відношення до кисню, галогенів, води, кислот та лугів. Добування і застосування. Оксиди хрому, молібдену і вольфраму. Їх стійкість, кислотно-основні та окисно-відновні властивості. Відношення до води, кислот і лугів. Добування. Гідрооксиди. Склад і особливості будови гідрооксиду хрому (+3). Кисотно-основні та окисно-відновні властивості. Хроматна, молібдатна і вольфраматна кислоти. Їх стійкість, кислотно-основні властивості. Ізополікислоти та гетерополікислоти. Принципи добування.

**1.2.4. Елементи V групи.** Будова атома Нітрогену та молекули азоту. Характерні ступені окиснення Нітрогену. Знаходження в природі. Проблема зв'язування атмосферного азоту. Фізичні та хімічні властивості азоту. Амоніак. Солі амонію. Сполуки Нітрогену з негативними ступенями окиснення. Отримання і властивості оксидів Нітрогену. Нітритна кислота та її солі. Нітратна кислота; отримання будова молекули. Взаємодія нітратної кислоти з металами та неметалами. Нітратні добрива, екологічні аспекти їх використання. Термічний розклад нітратів. Алотропні модифікації Фосфору. Знаходження в природі. Електронна будова та можливі ступені окиснення. Отримання та фізичні властивості фосфору. Хімічні властивості фосфору. Сполуки Фосфору. Фосфіди. Отримання і властивості. Оксиди Фосфору. Галогеніди Фосфору. Фосфорні кислоти. Солі фосфорних кислот. Отримання і застосування. Знаходження у природі й отримання As, Sb, Bi. Властивості простих речовин As, Sb, Bi. Кисотно-основні та окисно-відновні властивості оксидів елементів підгрупи Арсену. Галогеніди та оксогалогеніди As, Sb, Bi. Характеристика елементів Vб підгрупи. Характеристика елементів. Зміна атомних та іонних радіусів, іонізаційних потенціалів і електронегативності. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Відношення до кисню, води, кислот і лугів. Знаходження в природі. Добування. Застосування. Оксиди і гідроксиди. Кислотно-основні властивості. Сполуки елементів з неметалами. Ванадати, ніобати, танталати.

**1.2.5. Елементи IV групи.** Карбон у природі. Алотропні модифікації Карбону. Особливості електронної будови атома. Типи зв'язків у алмазі, графіті, карбені. Хімічні властивості вуглецю. Сполуки Карбону з металами. Карборунд. Метан, етилен, ацетилен. Карбон монооксид. Карбоніли металів. Карбон диоксид. Хімічні властивості. Карбонатна кислота і її солі. Галогеніди Карбону. Оксогалогеніди карбону. Фосген. Сполуки Карбону з Сульфуром. Ціанідна кислота і її солі. Роданіди. Карбамід. Інші нітрогеновмісні сполуки Карбону. Силіцій у природі. Отримання кремнію в чистому вигляді. Електронна будова та ступені окиснення атома Силіцію. Фізичні властивості кремнію, їх залежність від чистоти зразка. Хімічні властивості кремнію. Сполуки Силіцію. Властивості силіцій діоксиду. Кислоти Силіцію та їх солі. Силікати. Силікатна промисловість. Ситали. Цеоліти. Силіційорганічні сполуки. Знаходження в природі Ge, Sn, Pb. Методи їх добування. Фізичні та хімічні властивості. Оксиди та гідроксиди елементів підгрупи Германію. Олов'яні кислоти. Основні сплави олова і свинцю. Характеристика елементів IVб підгрупи. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Відношення до кисню, води, кислот і лугів. Оксиди і гідроксиди. Особливості будови. Титанати, цирконати, гафнати. Властивості солей.

**1.2.6. Елементи III групи.** Знаходження Бору в природі та методи його отримання. Електронна будова атома Бору. Типи зв'язків у сполуках. Взаємодія бору з кислотами і лугами. Сполуки Бору з Гідрогеном, металами. Оксигеном. Борнікислоти і їх солі. Галогеніди бору. Сполуки Бору з Нітрогеном. Алюміній у природі. Методи добування, фізичні та хімічні властивості алюмінію. Сполуки Алюмінію з галогенами, Сульфуром, Нітрогеном, Гідрогеном. Оксид та гідроксид Алюмінію. Знаходження в природі та фізичні властивості Ga, In, Tl. Хімічні властивості елементів підгрупи Галію. Оксиди та гідроксиди елементів підгрупи Галію. Безкисневі сполуки Ga, In, Tl. Характеристика елементів IIIб підгрупи. Характеристика елементів. Зміна атомних та іонних радіусів, іонізаційних потенціалів і електронегативності.

Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Зміна хімічної активності. Відношення до кисню, води, кислот. Знаходження в природі, добування і застосування. Оксиди та гідроксиди. Зміна кислотно-основних властивостей гідроксидів. Солі. Комплексні сполуки. Сполуки з неметалами та металами. Характеристика лантановидів. Характеристика актинотидів. Характеристика елементів. Місце в періодичній системі. Зміна атомних та іонних радіусів, іонізаційних потенціалів у родині. Внутрішня періодичність властивостей. Підродини церію та тербію. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Відношення до кисню, води, кислот. Добування і розділення. Найважливіші сполуки. Оксиди. Гідроксиди. Зміна їх кислотно-основних властивостей в родині. Солі. Сполуки з неметалами та металами. Сполуки актинотидів (+3). Сполуки торію (+4) та урану (+4). Сполуки урану (+6): оксид, гідроксид, галогеніди, уранати, солі діоксоурану. Сполуки нептунію і плутонію. Радіоактивність актинотидів. Типи реакцій радіоактивного розпаду. Синтез трансуранових і трансактинотидних елементів.

**1.2.7. Елементи ІІ групи.** Метали ІІ-підгрупи в природі. Методи отримання простих речовин елементів ІІ-підгрупи. Електронна будова атомів та типи зв'язків у сполуках. Зміна по підгрупі металічних, кислотно-основних властивостей. Фізичні та хімічні властивості простих речовин елементів ІІ-підгрупи. Сполуки Be, Mg, Ca, Sr, Ba з металами, Гідрогеном, Оксигеном, галогенами, халькогенами. Твердість води та способи її усунення. В'язучі будівельні матеріали. Характеристика елементів ІІб підгрупи. Оксиди і гідроксиди. Властивості. Відношення до води, кислот, лугів. Принципи добування. Солі. Кристалогідрати. Солі цинку в катіонній та аніонній формах. Солі меркурію (+1). Гідроліз солей. Комплексні сполуки. Токсичність ртуті та сполук кадмію і меркурію.

**1.2.8. Елементи ІІІ групи.** Знаходження лужних металів у природі. Методи добування лужних металів. Електронна будова атомів і типи зв'язків у сполуках. Фізичні властивості лужних металів. Взаємодія лужних металів з киснем, галогенами, сіркою, азотом, воднем. Відношення лужних металів до води, кислот та основ. Властивості сполук лужних металів з Оксигеном. Отримання та властивості лугів. Застосування лужних металів. Отримання та властивості карбонатів лужних металів. Отримання та властивості нітратів лужних металів. Подвійні солі, галуни. Характеристика елементів ІІІб підгрупи. Оксиди. Властивості. Відношення до води, кислот, лугів. Принципи добування. Гідроксиди. Кисотно-основні властивості. Відношення до води, кислот, лугів. Принципи добування. Солі. Кристалогідрати. Солі в катіонній та аніонній формах. Властивості. Бактерицидна дія іонів аргентуму. Галогеніди, нітрати, сульфати, карбонати. Світлочутливість галогенідів аргентуму. Комплексні сполуки. Галогено-, ціано-, аква-, амінокомплексні.

**1.2.9. Елементи VІІІ групи.** Характеристика елементів тріади Феруму. Фізичні і хімічні властивості металів. Феромагнетизм. Поліморфні модифікації. Поширеність у природі. Методи добування. Сплави: чавуни, сталі. Застосування. Відношення до кисню, води, кислот, лугів. Пірофорні властивості. Стійкість до корозії. Оксиди. Властивості. Відношення до води, кислот, лугів. Принципи добування. Гідроксиди. Кисотно-основні та окисно-відновні властивості. Відношення до води, кислот, лугів. Принципи добування. Солі. Кристалогідрати. Подвійні солі. Основні солі. Солі в катіонній та аніонній формах. Властивості солей. Стійкість. Гідроліз. Окисні властивості. Ферити, ферати. Принципи добування. Комплексні сполуки. Відносна стійкість простих і комплексних солей. Аква-, аміно-, гідроксо-, ціано-, роданокомплексні. Карбоніли. Багатоядерні комплекси. Характеристика платинових металів. Характеристика елементів. Зміна атомних та іонних радіусів, іонізаційних потенціалів і електронегативності. Здатність елементів до утворення катіонної та аніонної форм, комплексоутворення. Фізичні і хімічні властивості металів. Хімічна активність за звичайних умов і при нагріванні. Місце у ряді напруг. Відношення до кисню, водню. Характеристика підгрупи благородних газів. Фізичні властивості інертних газів. Характер міжатомної взаємодії. Зміна температур плавлення і кипіння. Поширення в природі. Методи виділення та розділення. Застосування. Хімічні властивості. Фториди Ксенону, Криптонію, Радону. Принципи їх добування. Гідроліз. Кисневмісні сполуки Ксенону. Ксенонатні кислоти. Добування і властивості. Клатратні сполуки Аргону та його аналогів.

## 2. АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ

### 2.1. Хімічні методи аналізу

**2.1.1.** Основні поняття аналітичної хімії. Предмет аналітичної хімії, її місце в системі наук, зв'язок з практикою. Види аналізу: елементний, фазовий, молекулярний, функціональний, ізотопний. Якісний і кількісний аналіз. Основні аналітичні проблеми: межі виявлення, точність,

- селективність, експресність, локальність. Класифікація методів аналізу. Аналітичний сигнал, об'єм інформації в аналітичному сигналі.
- 2.1.2.** Якісний аналіз речовин. Типи реакцій у якісному аналізі. Групові й характерні реакції. Основні характеристики аналітичних реакцій – чутливість і селективність. Відкриваний мінімум, мінімальне розведення, межа виявлення, фактор селективності. Основні методи виявлення. Аналіз сухим і мокрим шляхом. Термохімічний метод, розтирання порошку. Мікрокристалоскопічний, краплинний методи. Способи підвищення чутливості й селективності реакцій. Дробний і систематичний аналіз. Аналітичні класифікації катіонів на групи (сірководнева, кислотно-основна, амонійно-фосфатна).
- 2.1.3.** Методи розділення та концентрування речовин. Загальна характеристика методів розділення. Основні методи розділення, їх вибір і оцінка. Кристалізація, осадження, випаровування, дистиляція, сублімація, екстракція, хроматографія. Загальна характеристика методів концентрування. Абсолютне й відносне, групове і індивідуальне концентрування. Осадження як основний метод розділення елементів у якісному аналізі. Принцип, види і особливості методів екстракції та хроматографії.
- 2.1.4.** Рівноваги в гомогенних системах. Основні поняття про термодинамічну та хімічну системи, хімічна рівновага. Закон дії мас. Константи рівноваги (термодинамічна, концентраційна, умовна). Активність, коефіцієнт активності, іонна сила розчину. Рівняння Дебая–Хюккеля.
- 2.1.5.** Кисотно-основні рівноваги. Уявлення про кислоти та основи (Арреніуса, Бренстеда–Лоурі, Льюїса, Усановича). Поняття про дисоціацію та іонізацію. Кислотні та основні властивості розчинників. Автопротоліз. Нівелююча та диференціююча дія розчинників. Іонний добуток води, поняття про рН та рОН. Рівноваги у водних розчинах кислот, основ, солей. Буферні розчини в аналізі. Буферна ємність, розрахунок рН.
- 2.1.6.** Рівноваги в гетерогенних системах. Добутки розчинності та активності. Зв'язок між добутком розчинності та розчинністю. Розчинність осадів у кислотах та в присутності комплексоутворювачів. Вплив іонної сили на розчинність.
- 2.1.7.** Реакції комплексоутворення в аналітичній хімії. Поняття про комплексні сполуки. Класифікації комплексів. Поняття про різнолігандні комплекси та іонні асоціати. Константи рівноваги реакцій комплексоутворення, ступінчасте комплексоутворення. Вплив різних факторів на комплексоутворення. Найважливіші органічні реагенти, їх переваги та недоліки. Використання реакцій комплексоутворення в аналізі.
- 2.1.8.** Використання окисно-відновних реакцій в аналітичній хімії. Загальна характеристика реакцій окиснення-відновлення, їх роль в аналітичній хімії. Поняття про окисно-відновний потенціал, рівняння Нернста. Напрямок протікання реакцій, константа рівноваги, її зв'язок з окисно-відновним потенціалом. Вплив різних факторів на потенціал, залежність величини потенціалу від конкурентних реакцій осадження та комплексоутворення.
- 2.1.9.** Метрологічні основи хімічного аналізу. Основні стадії аналітичного процесу. Відбір і підготовка проби. Класифікація похибок. Правильність та відтворюваність методу. Крива нормального та t-розподілу Гауса. Статистична обробка результатів, виявлення промахів. Порівняння різних методів аналізу
- 2.1.10.** Основні поняття титриметрії. Класифікація титриметричних методів. Вимоги до реакцій. Точки еквівалентності та кінця титрування. Поняття про індикатори, їх класифікація. Види титриметричних визначень (пряме, методи заміщення і залишків). Концентрації розчинів. Розрахунки в титриметрії. Титранти, первинні і вторинні стандарти, способи їх приготування.
- 2.1.11.** Кисотно-основне титрування. Загальна оцінка методу. Індикатори (інтервал переходу, показник титрування, найважливіші представники). Криві титрування (на прикладі титрування сильною чи слабкою кислотою сильною чи слабкою основами). Вплив різних факторів на величину стрибка титрування. Підбір індикаторів, індикаторні похибки. Приклади аналітичних визначень.
- 2.1.12.** Комплексонометричне титрування. Принципи та особливості методу. Поняття про комплексонометричні сполуки та їх сполуки з іонами металів. Металохромні індикатори (інтервал переходу, показник титрування, принцип дії, найважливіші представники). Криві титрування. Вплив різних факторів на величину стрибка титрування. Найважливіші способи (пряме, зворотне, заміщення, кислотно-основне). Приклади аналітичних визначень.
- 2.1.13.** Окисно-відновне титрування. Принцип методу, класифікація. Способи фіксування кінцевої точки титрування. Специфічні, незворотні, універсальні окисно-відновні індикатори (інтервал переходу, показник титрування, найважливіші представники). Криві титрування. Вплив різних факторів на величину стрибка титрування. Підбір індикаторів, індикаторні похибки.

- Характеристика, особливості, аналітичне використання методів перманганометрії, хроматометрії, йодометрії, броматометрії. Приклади аналітичних визначень.
- 2.1.14.** Осаджуване титрування. Принцип методу, обмеження. Криві титрування. Вплив різних факторів на величину стрибка титрування. Основні типи індикаторів (осаджувальні, металохромні, адсорбційні). Аргентометрія, методи Гей-Люссака, Мора, Фольгарда, Фаянса. Сульфатометрія, меркурометрія (особливості, використання в аналізі).
- 2.1.15.** Основи та особливості гравіметричного аналізу. Основи та особливості методу. Схема утворення осаду, залежність структури осаду від умов осадження (концентрація, температура, час тощо). Співосадження, основні види – адсорбція, оклюзія, післяосадження. Корисність і шкідливість співосадження для потреб аналітичної хімії. Типи осадів, умови їх отримання. Найважливіші операції методу. Розрахунки, фактор перерахунку. Осадження з гомогенного розчину.
- 2.1.16.** Розрахунки в гравіметричному аналізі. Осаджувальна та гравіметрична форми, вимоги до них. Органічні та неорганічні осаджувачі. Розрахунки, фактор перерахунку. Приклади використання методу.
- 2.2. Фізико-хімічні методи аналізу.**
- 2.2.1.** Загальна характеристика ФХМА. Загальна характеристика фізико-хімічних методів аналізу (ФХМА). Завдання, проблеми, особливості та місце ФХМА у вирішенні проблем аналізу. Класифікація ФХМА. Вимоги до методів аналізу та їх метрологічні характеристики. Чутливість, точність, правильність, відтворюваність, селективність, експресність, простота, вартість, можливість автоматизації. Сучасний стан та перспективи розвитку ФХМА.
- 2.2.2.** Фотометричний аналіз. Фотометрія, спектрофотометрія. Загальна характеристика оптичних методів аналізу. Класифікація методів спектроскопії. Принципи методів. Основний закон світлопоглинання. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Молярний коефіцієнт світлопоглинання. Відхилення від основного закону світлопоглинання, фізичні та хімічні. Вибір світлофільтра, правила вибору. Реакції, які використовуються у фотометрії. Вимоги до реакцій. Принципова схема фотоколориметра. Методи кількісного фотометричного аналізу. Метод калібрувального графіку, метод добавок, метод порівняння, метод молярного коефіцієнта поглинання. Фотометричні, екстракційно-фотометричні методи. Загальна оцінка методів, межі застосування.
- 2.2.3.** Люмінесцентний метод аналізу. Люмінісцентні методи аналізу. Принцип методу. Механізм люмінісцентного випромінювання. Класифікація люмінісценції по типу джерела збудження і по механізму виникнення. Енергетичний та квантовий виходи люмінісценції. Основні закони та правила люмінісценції. Закон Вавілова, Стокса-Ломеля, правило дзеркальної симетрії Левшина. Залежність інтенсивності люмінісценції від концентрації речовини. Гашення люмінісценції. Якісний та кількісний люмінісцентний аналіз. Принципова схема флуориметра. Використання люмінісценції в аналізі.
- 2.2.4.** Атомно-емісійний спектральний аналіз. Основа методу. Емісійні атомні лінійчасті спектри їх природа та характеристика. Принципова схема спектрометра. Джерела збудження (атомізації). Електрична дуга, іскра, плазмотрон, полум'яні атомізатори. Стилографи, спектрографи, спектрометри, квантометри. Якісний спектральний аналіз, суть, методика дешифрування спектру з використанням внутрішнього стандарту. Ширина спектральної лінії, залежність від природи і умов дослідження. Кількісний спектральний аналіз, рівняння Ломакіна, почорніння та його залежність від концентрації атома. Метод трьох еталонів та метод стандартних добавок. Межі використання емісійного спектрального аналізу.
- 2.2.5.** Атомно-абсорбційний аналіз. Принцип методу. Схема атомно-абсорбційного спектрофотометра. Закономірності поглинання світла атомами. Причини відхилення від основного закону Бугера-Ламберта-Бера. Основні джерела атомізації. Джерела випромінювання. Лампи з порожнистим катодом. Вплив різних факторів на величину аналітичного сигналу в ААС. Застосування методу.
- 2.2.6.** Полум'яна фотометрія. Теоретичні основи. Принципова схема полуменевого фотометра. Полум'я та його характеристика. Методи визначення лужних металів. Фактори, які впливають на величину та відтворюваність аналітичного сигналу в полум'яній фотометрії. Метрологічні характеристики методу.
- 2.2.7.** Потенціометричний метод аналізу. Теоретичні основи методу. Електрохімічний потенціал, механізм виникнення та методи вимірювання. Рівняння Нернста. Класифікація електродів. Електроди першого та другого роду; електроди порівняння та вимірювальні. Стандартний водневий електрод, хлорсрібний електрод. Іонселективні електроди їх класифікація та



- характеристика. Принципова схема потенціометра. Залежність електродного потенціалу від концентрації досліджуваного іону, температури, іонної сили розчину, конкуруючих реакцій. Потенціометричне титрування. Приклади. Побудова кривих потенціометричного титрування. Потенціометричне титрування в неводному середовищі. Вимоги до реакцій, які використовуються у потенціометричному титруванні. Застосування методу.
- 2.2.8.** Вольтамперометрія. Полярографія. Теоретичні основи методу. Класифікація методів вольтамперометрії. Принципова схема полярографа. Рівняння Ільковича. Краплинний ртутний електрод. Полярографічна хвиля та її характеристика. Дифузійний, залишковий, міграційний струм. Якісний та кількісний полярографічний аналіз. Природа полярографічних максимумів першого та другого роду, шляхи їх усунення. Порівняльна характеристика різних вольтамперометричних методів аналізу. Межі застосування. Інверсійна вольтамперометрія. Зміннострумова вольтамперометрія. Диференційно-імпульсна вольтамперометрія.
- 2.2.9.** Кулонометричний аналіз. Кулонометрія. Теоретичні основи методу. Пряма кулонометрія. Внутрішній електроліз. Використання електролізу в аналізі. Закони Фарадея. Вихід по струму та його значення в кулонометричному аналізі. Кулонометричне титрування. Різновиди кулонометрії. Загальна оцінка методів.
- 2.2.10.** Кондуктометричний аналіз. Кондуктометрія. Теоретичні основи методу. Класифікація речовин за електропровідністю. Питоме та еквівалентне електропровідність, методи їх вимірювання. Кондуктометричне титрування. Високочастотна кондуктометрія. Переваги та застосування методу.
- 2.2.11.** Теоретичні основи хроматографічного аналізу. Хроматографічний аналіз. Теоретичні основи хроматографії. Історія виникнення та розвиток методу. Класифікація хроматографії: за агрегатним станом фаз, по механізму елементарного акту, по способу відносного переміщення фаз, за апаратурним оформленням процесу, за призначенням. Найважливіші поняття хроматографії: розмивання зон, ефективність колонки, число теоретичних тарілок, висота теоретичної тарілки. Характеристики аналітичного сигналу. Якісний та кількісний хроматографічний аналіз.
- 2.2.12.** Рідинна хроматографія. Високоєфективна рідинна хроматографія. Рухомі і нерухомі фази у рідинній хроматографії. Вибір фаз у рідинній хроматографії. Тонкошарова хроматографія. Способи одержання хроматограм (висхідна, низхідна, радіальна, двомірна). Техніка проведення розділення. Проявники в методі ТШХ. Якісний та кількісний аналіз методом ТШХ.
- 2.2.13.** Іонообмінна хроматографія. Суть методу. Іонний обмін. Іоніти, їх класифікація. Аніоніти, катіоніти, амфоліти. Властивості іонітів. Використання іонообмінної хроматографії в аналізі.
- 2.2.14.** Газова хроматографія. Газова та газорідинна хроматографія. Суть. Природа рухомої та нерухомої фаз, вимоги до них. Принципова схема газорідинного хроматографа. Характеристика колонок. Класифікація та принцип дії детекторів (катарометра, полум'яно-іонізаційного, електронного захоплення, полум'яно-фотометричного, хемілюмінесцентного). Рівняння Ван-Демтера. Індеси утримування Ковача. Області використання газової хроматографії.

### 3. ФІЗИЧНА ХІМІЯ

#### 3.1. Основи хімічної термодинаміки.

- 3.1.1.** Вступ до хімічної термодинаміки. Перший закон термодинаміки. Предмет хімічної термодинаміки. Основні поняття. Властивості системи. Функції стану. Класифікація процесів. Процес розширення ідеального газу. Формулювання. Теплота і робота. Внутрішня енергія. Ентальпія. Теплоємність. Робота розширення ідеального газу для різних процесів. Предмет термохімії. Закон Гесса та його наслідки. Залежність теплового ефекту хімічної реакції від температури. Формула Кірхгофа. Залежність теплоємності від температури та розрахунок теплових ефектів реакцій. Цикл Борна-Габера.
- 3.1.2.** Другий та третій закон термодинаміки. Ентропія. Другий закон термодинаміки та різні його формулювання. Цикл Карно. Ентропія. Теорема Карно-Клаузіуса. Фундаментальні термодинамічні рівняння Гіббса. Поняття про метод Каратеодорі. Ентропія як функція стану. Зміна ентропії системи в різних системах.
- 3.1.3.** Термодинамічні потенціали. Вільна енергія. Енергія Гіббса та енергія Гельмгольца. Повні і частинні диференціали термодинамічних потенціалів для закритих систем. Критерії можливості і напрямку перебігу самовільних процесів. Характеристичні функції та їх взаємозв'язок і властивості. Рівняння Максвелла. Використання рівнянь Максвелла для виведення різних термодинамічних співвідношень. Мнемонічний квадрат. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та його значення в хімії. Робота і теплота хімічного процесу. Співвідношення Гіббса-Гельмгольца.



- 3.1.4.** Хімічний потенціал. Енергія Гіббса суміші ідеальних газів. Хімічний потенціал. Фізичний зміст та властивості хімічного потенціалу. Повний і частинний диференціали термодинамічних потенціалів для відкритих систем. Термодинамічні потенціали багатокомпонентних систем. Критерії можливості перебігу самовільних хімічних процесів. Хімічний потенціал ідеального і реального газів. Метод легкості або фугітивності. Способи визначення легкості з експериментальних даних.
- 3.1.5.** Третій закон термодинаміки. Тепловий закон Нернста та наслідки з нього. Зміна теплоємності і ентропії речовин при температурах, близьких до абсолютного нуля. Постулат Планка. Третій закон термодинаміки. «Тіла Нернста». Абсолютна ентропія.
- 3.2. Розчини неелектролітів.**
- 3.2.1.** Розчини. Загальна характеристика. Загальна характеристика розчинів та їх класифікація. Різні способи вираження складу розчину. Суміші ідеальних газів. Специфіка розчинів. Теорії розчинів.
- 3.2.2.** Парціальні мольні величини та метод активностей. Термодинамічні властивості газових сумішей. Ідеальні розчини. Рівняння Гіббса–Дюгема. Парціальні мольні величини. Метод активностей. Коефіцієнти активності та способи їх визначення. Стандартні стани при визначенні хімічних потенціалів компонентів.
- 3.2.3.** Колігативні властивості розчинів. Тиск насиченої пари рідких розчинів. Закон Рауля. Ідеальні рідкі розчини. Термодинамічне виведення закону Рауля. Залежність складу пари від складу рідини. Неідеальні розчини та їх властивості. Відхилення від закону Рауля. Закон Генрі. Гранично розведені розчини. Діаграма стану розчину. Правило важеля. Перегонка рідин. Закони Коновалова. Азеотропні суміші. Частково розчинні рідини. Розшарування розчинів. Закон розподілу, коефіцієнт розподілу. Кріоскопія. Ебуліоскопія. Осмотичні явища. Рівняння Вант-Гоффа. Залежність розчинності від тиску і температури. Розчинність газів у рідинах. Розчинність твердих речовин у рідинах. Рівняння Шредера. Рівняння Планка-ван Лаара.
- 3.3. Фазові рівноваги.**
- 3.3.1.** Правило фаз Гіббса. Гетерогенні системи. Поняття фази, компонента, ступеня вільності. Правило фаз Гіббса та його виведення. Фазові переходи першого та другого роду. Рівняння Клапейрона–Клаузіуса. Правила Трутона та Гільдербранда. Рівняння Еренфеста.
- 3.3.2.** Однокомпонентні системи. Діаграми стану карбон діоксиду, води, сірки, фосфору, бензофенону. Енантіотропні і монотропні фазові переходи.
- 3.3.3.** Двокомпонентні системи. Об'ємна діаграма (діаграма тиск-температура-склад). Термічний аналіз. Трикутник Тамана. Правило важеля. Конденсовані системи. Класифікація за Розебумом. Системи, у яких не утворюються хімічні сполуки. Системи, в яких утворюється хімічна сполука, яка плавиться конгруентно (без розкладу). Системи, в яких утворюється хімічна сполука, яка плавиться інконгруентно (з розкладом). Евтектична та перитектична точки. Системи з необмеженою взаємною розчинністю компонентів у рідкому і твердому станах. Правила Гіббса-Розебума. Тверді розчини (системи з необмеженою розчинністю компонентів у рідкому й обмеженою взаємною розчинністю у твердому стані). Дальтоніди і бертоліди. Трикомпонентні системи. Графічне зображення складу. Методи Гіббса та Розебума. Діаграми взаємної розчинності рідин. Правило Тарасенкова.
- 3.4. Термодинаміка хімічної рівноваги.**
- 3.4.1.** Термодинаміка рівноважного стану. Ознаки хімічної рівноваги. Хімічна змінна. Число пробігів реакції. Закон діючих мас. Різні види констант рівноваги та зв'язок між ними. Хімічна рівновага в ідеальних та неідеальних системах. Рівняння ізотерми хімічної реакції Вант-Гоффа та його термодинамічне виведення. Зміна енергії Гіббса та енергії Гельмгольца при хімічній реакції. Поняття про хімічну спорідненість. Стандартні енергії Гіббса та Гельмгольца.
- 3.4.2.** Розрахунок виходу продуктів. Розрахунок ступеня перетворення вихідних речовин та виходу продуктів хімічних реакцій різних типів. Приклади розрахунку.
- 3.4.3.** Вплив тиску і температури на константу рівноваги. Вплив тиску на хімічну рівновагу. Залежність констант рівноваги від температури. Рівняння ізобари та ізохори реакції Вант-Гоффа та їх термодинамічне виведення. Застосування рівняння ізобари реакції Вант-Гоффа.
- 3.4.4.** Розрахунок константи хімічної рівноваги. Хімічна рівновага в реальних системах. Розрахунок зміни стандартних енергій Гіббса та констант рівноваги хімічних реакцій за будь-яких температур з використанням абсолютних ентропій методом Тьомкіна-Шварцмана. Розрахунок зміни стандартних енергій Гіббса та констант рівноваги з допомогою приведенної енергії Гіббса. Формула Габера для розрахунку константи рівноваги при заданій температурі. Наближені

методи перерахунку констант рівноваги від однієї температури до іншої. Формула Уліха. Перше та друге наближення Уліха. Розрахунок складу рівноважної суміші для оборотної реакції з участю реальних газів. Гетерогенні хімічні рівноваги та особливості їх термодинамічного опису.

### **3.5. Основи статистичної термодинаміки.**

**3.5.1.** Елементи статистичної термодинаміки. Предмет, основні поняття та визначення статистичної термодинаміки. Фазовий простір. Мікростан. Термодинамічна імовірність. Статистична вага. Макроскопічний та мікроскопічний опис стану системи. Мікроскопічний опис методами класичної та квантової механіки. Мікроканонічні і канонічні середні величини. Зв'язок ентропії і статистичної ваги. Статистичний характер ДЗТ. Квантові статистики Максвелла-Больцмана, Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна.

**3.5.2.** Сума станів системи і сума станів частинки. Система в термостаті. Канонічний розподіл Гіббса. Розподіл Гіббса за квантовими станами та за квантовими рівнями. Сума станів системи та її властивості. Мультиплікативність суми станів. Сума станів частинки. Зміна суми станів при зміні рівня відліку енергії. Вираз термодинамічних функцій через суму станів системи.

**3.5.3.** Розрахунок термодинамічних параметрів. Статистична сума системи одномірних гармонічних осциляторів. Термодинамічні властивості одноатомного твердого тіла за теорією Ейнштейна. Загальні формули для обчислення термодинамічних функцій за молекулярними даними. Обчислення термодинамічних функцій ідеального газу в припущенні жорсткого обертання і гармонічних коливань молекул.

### **3.6. Формальна хімічна кінетика.**

**3.6.1.** Закони хімічної кінетики. Хімічна кінетика – наука про швидкості та механізми хімічних реакцій. Формальна і молекулярна кінетика. Поняття швидкості. Середня та істинна швидкість. Швидкість за окремою речовиною та швидкість реакції в цілому. Експериментальне визначення швидкості. Кінетичні криві. Основний постулат хімічної кінетики - закон діючих мас. Константа швидкості хімічної реакції. Повний кінетичний порядок та порядок реакції за окремою речовиною. Молекулярність і порядок реакції. Кінетична класифікація реакцій. Прості і складні, оборотні і необоротні реакції. Фактори, які впливають на швидкість хімічної реакції. Вплив природи реагентів, каталізаторів, середовища, ініціаторів, електромагнітного випромінювання, електричного потенціалу, сили струму. Залежність від температури. Правило Вант-Гоффа. Рівняння Арреніуса. Способи визначення енергії активації.

**3.6.2.** Кінетика односторонніх реакцій в закритих системах. Кінетика простих необоротних реакцій. Виведення виразів для констант швидкості та часу напівперетворення для простих реакцій нульового, першого, другого, третього та n-го порядку. Розмірність констант швидкості. Визначення часу перетворення на певну частку.

**3.6.3.** Методи визначення кінетичного порядку реакції. Методи й умови визначення порядку реакції. Інтегральні і диференціальні методи. Методи підстановки, графічний, за періодом перетворення на певну долю. Метод Вант-Гоффа.

**3.6.4.** Кінетика реакцій у відкритих системах. Неізотермічна кінетика. Реакції в потоці. Кінетика простих реакцій у відкритих системах. Реактори ідеального витіснення та ідеального змішування. Час перебування реакційної суміші в реакторі. Перевірочний і проектний розрахунок реактора. Неізотермічна кінетика. Виведення основного рівняння для випадку постійної швидкості зміни температури. Температурний коефіцієнт ступеня перетворення. Визначення кінетичних параметрів.

### **3.7. Кінетика складних реакцій.**

**3.7.1.** Складні реакції. Принцип незалежності елементарних стадій. Методи складання кінетичних рівнянь. Оборотні реакції першого порядку. Визначення елементарних констант з дослідних даних. Паралельні реакції. Послідовні реакції на прикладі двох необоротних реакцій першого порядку. Кінетичні криві для вихідної та проміжної речовин і продукту реакції. Період індукції. Перехідна і вікова рівновага. Принцип лімітуючої стадії. Квазістаціонарне і квазірівноважне наближення в кінетиці складних реакцій. Принцип стаціонарності Боденштейна та область його використання.

### **3.8. Молекулярна кінетика.**

**3.8.1.** Теорія активних зіткнень. Основи теорії активних зіткнень. Енергія активації з точки зору молекулярно-кінетичної теорії. Повне число зіткнень і число активних зіткнень. Ефективний діаметр молекул. Застосування теорії активних зіткнень до бімолекулярних реакцій. Виведення основного рівняння. Співвідношення між дослідною та істинною енергією активації.

- Передекспоненційний множник. Стеричний або ентропійний фактор. Недоліки теорії активних зіткнень.
- 3.8.2.** Теорія перехідного стану. Теорія активованого комплексу або перехідного стану. Основні положення. Поверхня потенціальної енергії. Карта потенціальної енергії для бімолекулярної реакції між атомом і молекулою. Зміна потенціальної енергії вздовж координати реакції. Теорія абсолютних швидкостей. Статистичний розрахунок константи. Виведення основного рівняння теорії перехідного стану у випадку бімолекулярної реакції. Трансмісійний коефіцієнт. Підрахунок стеричного фактора. Термодинамічний аспект теорії активованого комплексу. Ентропія активації. Різні форми запису основного рівняння при використанні різних одиниць концентрації. Застосування теорії абсолютних швидкостей до оцінки передекспоненційного множника в елементарних реакціях.
- 3.8.3.** Мономолекулярні реакції. Теорії мономолекулярних реакцій. Схема Ліндемана та її значення. Порівняння з дослідними даними. Причини неточності схеми Ліндемана. Теорія Гіншельвуда. Метод Касселя. Теорія Слетера. Теорія РРКМ.
- 3.8.4.** Кінетика реакцій в розчинах. Кінетика реакцій у розчині. Ефект «клітки». Дифузійний механізм. Застосування теорії абсолютних швидкостей та теорії активних зіткнень. Первинний та вторинний сольові ефекти. Напівемпіричні кореляційні співвідношення. Рівняння Гаммета. Компенсаційний ефект. Співвідношення лінійності Бренстеда-Поляні.
- 3.9. Каталіз**
- 3.9.1.** Принципи каталітичної дії. Визначення каталізу. Класифікація каталітичних реакцій. Загальні закономірності каталізу. Стадійний та асоціативний процеси каталізу. Основні механізми каталізу. Каталіз у промисловості. Вимоги до каталізаторів.
- 3.9.2.** Гомогенний каталіз. Найпростіша схема каталітичної реакції. Кисотно-основний каталіз та його види. Специфічний кислотний каталіз. Специфічний основний каталіз. Специфічний кислотно-основний каталіз. Загальний кислотний каталіз. Окисно-відновний каталіз та його приклади.
- 3.9.3.** Металокомплексний і ферментативний каталіз. Каталіз комплексними сполуками перехідних металів. Каталітичне окиснення етилену комплексними сполуками паладію. Оксосинтез або гідроформілювання олефінів. Кінетика ферментативного каталізу. Типові випадки. Рівняння Міхаеліса-Ментен.
- 3.9.4.** Гетерогенний каталіз. Швидкість гетерогенно-каталітичної реакції. Стадії гетерогенного каталізу. Області перебігу реакції. Внутрішньо- і зовнішньодифузійна області. Роль адсорбції в каталітичному перетворенні. Теорії гетерогенного каталізу. Мультиплетна теорія. Теорія активних ансамблів. Електронна теорія. Квантово-хімічна теорія. Ланцюгова теорія. Передбачення каталітичної активності. Теоретичні уявлення щодо приготування активних каталізаторів.
- 3.10. Рівноважні електродні процеси.**
- 3.10.1.** Предмет і зміст електрохімії. Електрохімічні системи (ЕХС). Хімічні джерела струму й електролізери. Відмінність ЕХС від хімічних. Термодинаміка оборотних і необоротних ЕХС. Теплота Пельтьє. Принцип Томсона. Теплота Джоуля-Ленца. Поняття електрохімічного потенціалу та умова електрохімічної рівноваги на межі розділу фаз. Рівноважні електрохімічні ланцюги та їх електрорушійна сила (ЕРС). Формула Нернста та рівняння Гіббса-Гельмгольца.
- 3.10.2.** Загальні особливості розчинів електролітів. Слабкі і сильні електроліти. Йонні рівноваги. Теорії електролітичної дисоціації. Енергія кристалічної ґратки та енергія сольватації. Йон-дипольна взаємодія як основна умова стійкості розчинів електролітів. Термодинамічний опис йон-йонної взаємодії.
- 3.10.3.** Поняття середньої активності та середнього коефіцієнта активності, їх зв'язок з активністю та коефіцієнтом активності окремих йонів. Основні припущення теорії Дебая-Хюккеля, їх фізичний зміст. Потенціал йонної атмосфери. Рівняння для коефіцієнта активності в першому, другому і третьому наближенні теорії Дебая-Хюккеля. Сучасні уявлення про розчини електролітів.
- 3.10.4.** Енергетичний стан заряджених частинок. Поняття електродного потенціалу. Електричні потенціали на фазових границях. Нульовий розчин. Контактний потенціал. Величина і знак електродного потенціалу. Стандартні електродні потенціали. ЕРС як сума стрибків потенціалу. Величини, що характеризують енергетичний стан заряджених частинок. Електрохімічний, внутрішній, зовнішній і поверхневий потенціали. Гальвані- та Вольта-потенціали. Подвійний електричний шар та моделі його будови.

- 3.10.5.** Класифікація електродів та електрохімічних кіл. Електроди першого, другого, третього роду. Газові, амальгамні, окисно-відновні, йонселективні електроди. Фізичні, концентраційні та хімічні кола. Алотропні, термоелектричні та гравітаційні кола. Концентраційні кола першого та другого роду. Прості і складні хімічні кола.
- 3.11. Кінетика електрохімічних реакцій.**
- 3.11.1.** Електрохімічна кінетика. Поляризація. Нерівноважні електродні явища. Швидкість електрохімічної реакції. Густина струму як міра швидкості електродного процесу. Поляризація електродів.
- 3.11.2.** Види перенапруги. Дифузійна перенапруга. Загальне рівняння для дифузійної перенапруги катодного та анодного процесів. Гранична густина струму. Граничний дифузійний струм. Полярнографія. Рівняння Ільковича. Перенапруга переходу. Застосування теорії перенапруги до катодної реакції. Рівняння Тафеля та Фрумкіна. Перенапруга реакції та фазова перенапруга. Методи визначення перенапруги при електрохімічних процесах. Електролітичне виділення водню. Значення тафелівських констант. Стадії виділення водню.
- 3.11.3.** Електролізери та хімічні джерела струму. Електроліз. Закони Фарадея. Напруга розкладу електроліту. Катодні й анодні поляризаційні криві при електролізі. Хімічні джерела струму. Первинні та вторинні хімічні джерела струму. Основні характеристики джерел струму. Поляризаційні явища в хімічних джерелах струму. Електрохімічна корозія металів. Корозійні діаграми. Пасивність металів. Захист металів від корозії.

## 4. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

### 4.1. Основні поняття органічної хімії.

- 4.1.1.** Предмет органічної хімії. Поширення органічних сполук в природі. Органічний синтез і виділення з природної сировини, як два основні методи одержання органічних речовин.
- 4.1.2.** Методи очистки органічних речовин. Шляхи хімічної переробки органічної сировини (природний газ, нафта, кам'яне вугілля, деревина і ін.).
- 4.1.3.** Основні положення теорії хімічної будови органічних сполук О.М. Бутлерова. Електронна теорія хімічного зв'язку.
- 4.1.4.** Типи хімічних зв'язків: ковалентний, іонний, семіполярний, координаційний, водневий.
- 4.1.5.** Валентний стан атома Карбону, Оксигену, Нітрогену. Типи гібридизації атомних орбіталей. Будова  $\sigma$ - та  $\pi$ -зв'язків. Подвійний та потрійний зв'язки.
- 4.1.6.** Взаємний вплив атомів у молекулі, електровід'ємність атомів, полярність зв'язків та здатність до поляризації. Індукційний та мезомерний ефекти. Мезомерний резонанс, як метод зображення розподілу електронної густини в молекулі. Енергія зв'язку та енергія резонансу (спряження).
- 4.1.7.** Ізомерія та номенклатура органічних сполук. Конституція і конфігурація. Поняття просторової будови та просторової ізомерії органічних речовин і способи вказання їх конфігурації.
- 4.1.8.** Класифікація органічних речовин. Поняття хімічної функції. Уявлення про механізм органічної реакції. Гомолітичний та гетеролітичний розрив ковалентного зв'язку. Типи проміжних частинок: карбокатиони, карбоаніони, радикали. Електрофільні, нуклеофільні та радикальні реакції.

### 4.2. Ациклічні вуглеводні.

- 4.2.1.** Алкани. Гомологічний ряд, номенклатура, ізомерія карбонового скелету. Поняття про конформації молекул, формули Ньюмена для етану і бутану. Фізичні властивості алканів і їх залежність від складу та будови речовини. Лабораторні та промислові методи одержання. Хімічні властивості: галогенування, сульфонування, сульфохлорування, нітрування, окиснення, дегідрування, піроліз, ізомеризація. Механізм реакцій радикального заміщення. Заміщення атома Гідрогену біля первинного, вторинного і третинного атома Карбону.
- 4.2.2.** Нафта. Природні та супутні гази. Хімічна переробка нафти і газу. Моторне паливо, детонаційна стійкість, методи зменшення екологічної шкоди в паливному комплексі.
- 4.2.3.** Алкени. Гомологічний ряд, номенклатура, ізомерія. Фізичні властивості. Методи одержання: дегідрування, дегідратація, дегідрогалогенування, крекінг. Реакції елімінування, правило Зайцева. Хімічні властивості. Реакції електрофільного приєднання,  $\pi$ - та  $\sigma$ -комплекси, докази їх існування. Механізми і направленість електрофільного та радикального приєднання: галогенування, гідрогалогенування, гідратація, гідронування, окиснення (реакції Вагнера і Прилежасва), озонування (окиснювальне і відновлювальне розщеплення озонідів). Відносна стійкість первинних, вторинних і третинних радикалів та карбокатионів. Правило Марковнікова і його сучасне трактування. Оксосинтез. Відновлення алкенів. Гідрування та гідроборування.

Радикальна та іонна полімеризація етену і пропену. Теломеризація. Реакції алкенів по алільному положенню (хлорування, бромовання, окиснення). Делокалізація електрона в алільному радикалі.

- 4.2.4.** Алкіни. Гомологічний ряд, номенклатура, ізомерія. Фізичні властивості. Лабораторні та промислові методи одержання ацетилену. Одержання алкінів: дегідрування, дегідрогалогенування. Хімічні властивості: галогенування, гідрогалогенування, гідратація (реакція Кучерова), гідрування, окиснення. Нуклеофільне приєднання спиртів, оцтової та синильної кислот. Стереохімія приєднання. С-Н кислотність алкінів. Реакції ацетиленового атома Гідрогену: заміщення на метал та конденсація з альдегідами і кетонами (реакції Фаворського і Реппе). Одержання вінілацетилену, бензену, циклооктатетраєну.
- 4.2.5.** Алкадієни. Типи дієнових вуглеводнів, їх класифікація і номенклатура. Дієни з спряженими зв'язками (бутадієн та ізопрен), їх будова і методи одержання. Здатність до 1,2- та 1,4-приєднання (гідрування, гідрогалогенування, галогенування). Кінетичний і термодинамічний контроль. Димеризація дієнів, дієновий синтез (реакція Дільса-Альдера). Полімеризація. Поняття просторової будови полімерів. Каучук і гума.
- 4.2.6.** Алленові вуглеводні. Одержання. Особливості будови та ізомерія. Властивості: гідрування, гідратація, димеризація, ізомеризація. Порівняння властивостей алленів, алкінів та спряжених дієнів.

### **4.3. Карбоциклічні вуглеводні.**

- 4.3.1.** Циклоалкани, -ени, -іни та полієни. Типи карбоциклічних сполук. Номенклатура, структурна ізомерія. Методи одержання: циклізація алканів та дигалогенпохідних, гідрування аренів, взаємодія алкенів з діазометаном, синтези на основі малонового естеру, дієновий синтез. Розширення і звуження циклів (Дем'янов). Просторова будова і стійкість різних циклічних структур (теорія напруженості циклів Байєра). Особливості електронної будови циклопропанового кільця. Конформації циклогексану і його похідних: форми крісла та ванни, аксіальні та екваторіальні положення замісників. Геометрична та оптична ізомерія циклоалканів.
- 4.3.2.** Хімічні властивості циклоалканів у порівнянні з властивостями алканів та алкенів. Дегідрування циклогексану. Поняття про ароматичність, правило Хюкеля. Небензоїдні ароматичні системи: циклопропенілій- та тропілій- катіони, циклопентадієнілій аніон, азулен, аннулени. Металоцени. Ізопреноїди. Поняття про будову терпенів та каротину. Основа скелету стероїдів.
- 4.3.3.** Арени. Бензен і його гомологи. Ізомерія та номенклатура. Джерела ароматичних вуглеводнів. Електронна будова бензенового ядра і хімічні властивості бензену: відносна стійкість до окиснення, здатність до реакцій заміщення, термохімія гідрування та горіння бензену, реакції приєднання. Ізомеризація бензену. Фізичні властивості і основні спектральні характеристики бензену і його гомологів. Реакції електрофільного заміщення в ароматичному ядрі: сульфонування, нітрування, галогенування, алкілювання, ацилювання. Умови утворення електрофільного агенту в реакціях заміщення. Значення цих реакцій для переробки ароматичних вуглеводнів. Механізм реакції електрофільного заміщення і експериментальні дані, що його підтверджують. Будова і стійкість  $\sigma$ - та  $\pi$ -комплексів. Вплив електроноакцепторних та електронодонорних замісників на ізомерний склад продуктів та на швидкість реакції заміщення. Узгоджена та неузгоджена орієнтація.
- 4.3.4.** Алкілбензени. Методи одержання з використанням реакцій алкілювання і ацилювання, реакція Вюрца-Фіттіга. Хімічні властивості. Реакції електрофільного заміщення та орієнтація алкільних груп. Протонування поліалкілбензенів, утворення стабільних аренонієвих йонів. Дезалкілювання, диспропорціонування, ізомеризація алкілбензенів. Реакції радикального заміщення в боковому ланцюзі, бензильна  $\pi$ -електронна система. Стирен, фенілацетилен. Дифеніл- і трифенілметан, їх одержання і властивості. Карбаніони і вільні радикали, електронна будова і фактори, що сприяють відносній стабільності цих частинок. Поняття про ди- і трифенілметанові барвники. Стильбен.
- 4.3.5.** Поліядерні арени. Дифеніл, способи його одержання, будова. Вплив замісників на ступінь компланарності бензеньних кільць і на ефект спряження їх  $\pi$ -електронних систем. Ароматичність дифенілу, реакції електрофільного заміщення, орієнтація і вплив замісників.
- 4.3.6.** Нафтален. Джерела нафталену та інших багатоядерних сполук. Ізомерія та номенклатура похідних нафталену. Електронна будова і ароматичність. Хімічні властивості нафталену: каталітичне гідрування і відновлення натрієм у рідкому амоніаці, окиснення і вплив замісників на напрям цієї реакції. Реакції електрофільного заміщення і фактори, що впливають на

орієнтацію в цих реакціях. Інші поліядерні ароматичні вуглеводні. Їх будова, ароматичність, загальні і специфічні властивості. Бензопірен, канцерогенні сполуки.

#### **4.4. Галогенопохідні вуглеводнів.**

**4.4.1.** Галогенопохідні аліфатичних вуглеводнів. Типи, номенклатура та ізомерія галогенопохідних. Методи одержання монозаміщених галогенопохідних з алканів, алкенів, спиртів. Суть та загальні закономірності реакцій нуклеофільного заміщення. Нуклеофільність та основність реагентів. Карбокатіони, вплив на їх стійкість індукційних ефектів і ефектів спряження. Гідроліз алкілгалогенідів.

**4.4.2.** Механізми  $S_N-1$  і  $S_N-2$ , їх стереохімія. Вплив на нуклеофільне заміщення структури речовини, нуклеофільності реагента, природи відходячої групи і розчинника. Уявлення про йонні пари. Інші приклади реакцій нуклеофільного заміщення: одержання галогенопохідних, нітрילів, нітросполук, меркаптанів, етерів, амінів. Амбідентні йони (ціанід- і нітрит-аніони). Дія водного і спиртового розчинів лугів на алкілгалогеніди. Конкуренція реакцій заміщення і відщеплення. Механізми реакцій елімінування E-1 і E-2, їх стереохімія. Порівняння реакційної здатності різних типів моногалогенопохідних в залежності від природи галогену та будови вуглеводневого скелету. Взаємодія алкілгалогенідів з металами.

**4.4.3.** Ди- і полігалогенопохідні: методи одержання та їх властивості. Дихлоркарбен, поняття про карбени. Перфлуоралкани, одержання і їх специфічні властивості.

**4.4.4.** Галогенопохідні аренів. Способи введення галогенів у ароматичне ядро і у боковий ланцюг. Хімічні властивості галогенаренів. Особливості орієнтуючого впливу галогену в реакціях електрофільного заміщення. Специфіка реакцій нуклеофільного заміщення у арилгалогенідів. Рухливість галогену в ароматичному ядрі та в боковому ланцюзі. Два механізми реакцій нуклеофільного заміщення галогену в ароматичному ядрі. Реакція Ульмана. Сполуки багатовалентних галогенів: фенілідидхлорид, іodobензен, солі дифенілідонію та бромонію.

#### **4.5. Оксисполуки**

**4.5.1.** Спирти. Одноатомні спирти. Гомологічний ряд, ізомерія, номенклатура. Фізичні властивості, роль водневих зв'язків. Методи одержання алканолів: гідратація алкенів, гідроліз галогеналканів, відновлення альдегідів та кетонів, синтез через магнійорганічні речовини. Основність та кислотність спиртів. Утворення алкоголятів, простих і складних ефірів (етерів та естерів). Нуклеофільне заміщення гідроксилу на галоген, аміно- та алкоксигрупу. Внутрі- та міжмолекулярна дегідратація спиртів. Ретропінаколінове перегрупування. Окиснення первинних, вторинних і третинних спиртів. Метанол, етанол, пропаноли і бутаноли: промислові методи одержання і використання.

**4.5.2.** Естери неорганічних кислот: алкілсульфати, нітрати і нітрити (одержання та властивості).

**4.5.3.** Ненасичені спирти. Правило Ельтекова-Ерленмейєра. Похідні вінілового спирту. Аліловий спирт.

**4.5.4.** Багатоатомні спирти: гліколи та гліцерол (одержання, властивості та використання). Специфічні властивості  $\alpha$ -гліколів: окиснення плумбум (IV) ацетатом, іодатною кислотою, перетворення в  $\alpha$ -оксиди. Хлоргідрини. Нітрогліцероли. Діетилен- та поліетиленгліколи. Порівняння властивостей одно- і багатоатомних спиртів.

**4.5.5.** Гідрокси- і оксидні ароматичних вуглеводнів. Типи, ізомерія, номенклатура. Фенол і його гомологи. Нафтоли. Методи введення гідроксильної групи в ароматичне ядро: лужне плавлення солей сульфокислот, гідроліз галогенопохідних, заміна аміногрупи на гідроксил через солі діазонію, куменовий спосіб одержання фенолу. Хімічні властивості. Кислотність фенолів і вплив замісників на величину кислотності. Заміщення гідроксигрупи на аміногрупу в нафтолі-2 (Бухерер).

**4.5.6.** Реакції електрофільного заміщення: галогенування, нітрування, сульфування, алкілування. Перетворення (Фріса) естерів фенолів, як спосіб ацилювання в ядро. Конденсація фенолів з формальдегідом, фенолоформальдегідні смоли. Специфічні реакції електрофільного заміщення для фенолів та фенолятів, як для сполук з підвищеною реакційною здатністю: карбоксилювання, нітрузування, азосполучення, введення ацильної групи (Гаттерман, Хеш, Раймер-Тіман, Вільсмейєр). Гідрування і окиснення фенолів. Стабільні феноксильні радикали. Фенольні стабілізатори полімерних матеріалів. Використання фенолів.

**4.5.7.** Багатоатомні феноли. Пірокاتهол та гідрохінон: способи одержання, відновні властивості. Гідрохінон та інші феноли, як проявники фотографічних матеріалів. Антиоксиданти. Природні сполуки багатоатомних фенолів. Резорцинол: одержання, характерні реакції, відновлення до дигідрорезорцинолу. Флюороглюцинол, пірогалол.

- 4.5.8.** Етери (прості ефіри). Ізомерія і номенклатура. Одержання симетричних і несиметричних етерів. Синтез вінілових етерів. Методи одержання етерів фенолів, утворення моно- і діетерів для двохатомних фенолів. Реакції етерного атома Оксигену: утворення оксонієвих сполук та їх розщеплення. Реакції  $\alpha$ -атомів Гідрогену: галогенування та утворення гідропероксидів. Використання етерів.
- 4.5.9.** Циклічні етери.  $\alpha$ -Оксиди або оксірани, циклічні етери пірокатехолу. Одержання і властивості (реакції з електрофільними та нуклеофільними агентами). Етиленоксид та його використання. Тетрагідрофуран і діоксани. Краун-етери і їх використання.
- 4.6. Карбонільні сполуки.**
- 4.6.1.** Альдегіди та кетони. Ізомерія та номенклатура. Методи одержання: гідроліз диалогенопохідних, окиснення спиртів, озоноліз алкенів, гідратація ацетиленових вуглеводнів, відновлення карбонових кислот та їх похідних. Фізичні властивості. Будова карбонільної групи, полярність та здатність до поляризації  $\pi$ -зв'язку  $C=O$ . Реакції нуклеофільного приєднання (спирти, синильна кислота, реактиви Грін'єра і Йоцича, амоніак та інші Нітрогенові основи). Залежність швидкості реакції амінів з карбонільними сполуками від рН середовища.
- 4.6.2.** Оксими і їх перетворення, перегрупування Бекмана. Гідразони, реакція Кіжнера. Ацеталі та кеталі. Взаємодія з пентахлоридом фосфору. Реакція Прінса. Відновлення альдегідів та кетонів до спиртів та вуглеводнів. Окиснення карбонільних сполук. Реакції Канніцаро, Тищенко, рівновага Мейєрвейна-Пондорфа-Опенауєра. Одержання пінаконів. Пінаколінове перегрупування. Відновне амінування кетонів.
- 4.6.3.** Енолізація альдегідів та кислот під впливом кислотних та основних каталізаторів. Реакції атомів Гідрогену (галогенування, галоформна реакція, нітрозування, окиснення кетонів).
- 4.6.4.** Альдольно-котонова конденсація і її механізми при лужному та кислотному каталізі. Метиленова і карбонільна компоненти, каталізатори. Реакція Манніха. Синтез пентаерітролу. Порівняння реакційної здатності альдегідів та кетонів. Формальдегід, ацетальдегід та ацетон: промислові методи одержання, полімеризація, використання).
- 4.6.5.** Ненасичені альдегіди і кетони. Типи ненасичених карбонільних сполук, ізомерія та номенклатура. Ненасичені альдегіди та кетони. Методи їх одержання. Спряження  $\pi$ -зв'язків карбонільної та етиленової груп. Реакції 1,2- та 1,4-приєднання (гідрогенгалогеніди, спирти, гідросульфід, синильна кислота, магнійорганічні речовини, аміни, малоновий естер). Акролеїн в реакціях дієнового синтезу як дієн, та як дієнофіл. Окиснення та відновлення ненасичених карбонільних сполук зі збереженням карбонільної, або етиленової групи. Акролеїн, кротоновий альдегід: полімеризація, вінілогія.
- 4.6.6.** Альдо- і кетокетени: будова, методи одержання та властивості. Порівняння кетенів з ангідридами карбонових кислот.
- 4.6.7.** Дикарбонільні сполуки: гліюксаль, діацетил та його діоксим, ацетилацетон. Синтез дикарбонільних сполук естерною конденсацією. Таутомерія  $\alpha$ -дикарбонільних сполук. Реакції енольних та кетонних форм. Хелати.
- 4.6.8.** Ароматичні карбонільні сполуки. Типи, ізомерія, номенклатура. Методи одержання. Специфічні властивості ароматичних альдегідів та кетонів: автоокиснення, хлорування, бензоїнова конденсація, реакція Перкіна і Канніцаро. Реакція з амоніаком, амінами та іншими сильними нуклеофілами. Ацеталі, захист карбонільної групи. Конденсація з фенолами та алкілбензенами. Бензальдегід в реакціях альдольно-котонової конденсації. Відновлення та окислення. Коричний альдегід. Халкони. Реакції електрофільного заміщення в ароматичному ядрі альдегідів та кетонів.
- 4.6.9.** Жирно-ароматичні кетони: синтез, загальні та специфічні властивості: поведінка в альдольно-котонових конденсаціях, в реакціях Маніха, галогенування в боковий ланцюг, відновлення. Оксими жирноароматичних кетонів, їх стереохімія. Перегрупування Бекмана.
- 4.6.10.** Бензофенон: синтез і його особливі властивості. Металкетили. Дибензоїл. Бензилове перегрупування.
- 4.6.11.** Хінони. Одержання о- і п-бензохінонів. Властивості п-бензохінону: одержання моно- і діоксимів, приєднання гідрогенхлориду, аніліну, оцтового ангідриду, реакція з дієнами. Використання хінонів у якості окисників (хлораніл). Хінгідрон. Семіхінон.
- 4.7. Вуглеводи.**
- 4.7.1.** Вуглеводи. Знаходження в природі, фотосинтез, значення. Класифікація. Гліцероловий альдегід, D- і L-ряди. Принцип виведення стереоізомерних формул для альдоз D-ряду. Кількість стереоізомерів для пентоз і гексоз. Способи деструкції молекул. Перехід до винних



- кислот. Окиснення альдоз і кетоз. Надбудова і вкорочення вуглецевого скелету вуглеводів. Інші реакції по карбонільній групі.
- 4.7.1.** Відкрита і циклічна форма моносахаридів. Кільцево-ланцюгова таутомерія та мутаротація. Конформація глюкопіранози (форма крісла), аксіальне та екваторіальне розташування замісників. Глікозидний гідроксил і його специфічні властивості. Інші реакції циклічних форм. Епімери. Фруктоза, як приклад кетогексоз: будова, властивості, утворення з глюкози.
- 4.7.2.** Дисахариди, типи і поширення в природі, властивості. Сахароза, мальтоза, целобіоза. Полісахариди, класифікація, знаходження в природі і значення. Крохмаль і клітковина. Промислове використання і шляхи хімічної переробки вуглеводної сировини. Аміноцукри.
- 4.8. Карбонові кислоти.**
- 4.8.1.** Карбонові кислоти. Гомологічний ряд одноосновних карбонових кислот. Номенклатура кислот та їх функціональних похідних. Методи одержання: окиснення органічних сполук, гідроліз функціональних похідних, з реактивів Грін'єра, з малонового та ацетооцтового естерів, промислові методи синтезу. Будова карбоксильної групи та карбоксилат-аніону. Фізичні властивості. Кислотність, вплив електронодонорних та електроноакцепторних груп. Реакції карбонових кислот: одержання солей, ангідридів, хлорангідридів, амідів, нітрилів, естерів, піроліз та декарбоксилювання.
- 4.8.2.** Похідні карбонових кислот. Властивості солей карбонових кислот: суха перегонка, електроліз, відновлення алюмогідридом літію, алкілювання та ацилювання. Взаємодія з пентахлоридом фосфору. Амонійні солі карбонових кислот.
- 4.8.3.** Механізми реакцій естерифікації та гідролізу естерів. Амоноліз, переестерифікація естерів, перетворення їх у гідразиди та гідроксамові кислоти, естерна та ацилоїнова конденсація. Відновлення по Буво-Блану. Взаємодія з магнійорганічними речовинами. Вінілацетат: одержання, полімеризація.
- 4.8.4.** Ангідриди та галогенангідриди карбонових кислот, їх ацилююча здатність. Синтез альдегідів з хлорангідридів по Розенмунду. Порівняння ацилюючої здатності карбонових кислот, ангідридів, галогенангідридів та естерів.
- 4.8.5.** Аміді та нітрили, їх взаємні перетворення. Алкоголіз і амоноліз нітрилів. Гідразиди карбонових кислот і азиди. Перегрупування амідів (Гофман) та азидів (Курціус). Поняття про секстетні перегрупування.
- 4.8.6.** Перкислоти та пероксиди карбонових кислот: одержання, властивості, використання їх у якості окисників та ініціаторів вільнорадикальних процесів.
- 4.8.7.** Ненасичені карбонові кислоти. Синтез та властивості ненасичених карбонових кислот. Акрилонітрil: одержання, взаємодія з нуклеофільними реагентами, полімеризація. Полімери на основі акрилової та метакрилової кислот.
- 4.8.8.** Жири і мила. Будова і властивості жирів, вищі насичені та ненасичені одноосновні карбонові кислоти: пальмітинова, стеаринова, олеїнова, елаїдинова, лінолева, ліноленова, арахідонова. Мила. Оліфи. Воски.
- 4.8.9.** Ароматичні карбонові кислоти. Типи, ізомерія, номенклатура. Способи одержання. Вплив природи замісника та його положення в ядрі на кислотність. Загальні уявлення про кореляційні рівняння Гаммета-Тафта. Бензойна кислота і її похідні: бензоїл хлорид, пероксид бензоїлу, продукти електрофільного заміщення в ядрі. Пербензойна кислота як окисник. Пероксиди – ініціатори вільнорадикальних реакцій.
- 4.8.10.** Корична кислота, одержання і властивості. Антранілова кислота, одержання, властивості, використання для синтезу азобарвників. п-амінобензойна кислота і її біологічна активність. Саліцилова кислота: синтез, похідні по гідроксильній і карбоксильній групах. Лікарські препарати на основі саліцилової кислоти (сазол, аспірин та ін.). Галлова кислота і поняття про дубильні речовини.
- 4.8.11.** Двохосновні карбонові кислоти. Номенклатура. Методи одержання: з гліколів, з динітрilів, з окси- і оксокислот. Фізичні властивості. Порівняння кислотних властивостей різних типів кислот. Хімічні властивості дикарбонових кислот. Щавелева, малонова і янтарна кислоти. Декарбоксилювання двохосновних карбонових кислот та внутрімолекулярна дегідратація. Особливі властивості метиленової групи у малонового естеру. Натріймалоновий естер та синтези на його основі моно-, ди- і полікарбонових кислот. Реакція Міхаєля. Імід та N-бромімід янтарної кислоти. Використання N-бромсукциніміду для алільного бромовання, механізм реакції. Адипінова і лимонна кислоти.

- 4.8.12.** Двохосновні ненасичені карбонові кислоти. Фумарова і малеїнова кислоти. Одержання, фізичні властивості. Порівняння хімічних властивостей цих кислот. Малеїновий ангідрид і його використання у діеновому синтезі. Ацетилендикарбонова кислота і її естери.
- 4.8.13.** Фталева та терефталева кислоти та їх похідні. Фталевий ангідрид, його взаємодія зі спиртами та гліцерином. Конденсація фталевого ангідриду з фенолами, фенолфталейн та флюоресцеїн. Фталімід, одержання і використання у синтезах (Габріель). Поліестерні волокна. Гліфталеві смоли.
- 4.8.14.** Органічні похідні карбонатної кислоти: фосген, естери хлоркарбонатної кислоти, сечовина, уретани (одержання і властивості). Естери ізоціанової кислоти. Полікарбонати.
- 4.9.Окси- та оксокислоти.**
- 4.9.1.** Оксикислоти. Ізомерія і номенклатура. Методи одержання оксикислот. Реакції по одній або по обидвох функціональних групах. Дегідратація оксикислот. Гліколева, молочна, яблучна, лимонна і винні кислоти (будова, одержання, властивості та знаходження в природі).
- 4.9.2.** Альдегідо- і кетокислоти. Оксокарбонові кислоти, їх синтез та властивості на основі піровиноградної кислоти, її декарбоксилювання і декарбонілювання. Ацетооцтова кислота і її властивості. Ацетооцтовий естер.
- 4.9.3.** Кето-енольна таутомерія, реакції кетонної та енольної форми. Виділення таутомерних форм. Визначення констант кето-енольної рівноваги. Вплив будови карбонільної сполуки та розчинника на стан таутомерної рівноваги. Кетонне і кислотне розщеплення ацетооцевого естеру та його похідних. Натрійацетооцтовий естер. Синтези на його основі. Реакції з переносом реакційного центру на карбон і на атому оксигену.
- 4.9.4.**  $\alpha$ - і  $\beta$ -Кетонокислоти. Одержання. Кільцево-ланцюгова таутомерія, як різновидність прототропної таутомерії.
- 4.10. Елементарганічні сполуки.**
- 4.10.1.** Органічні сполуки сульфуру. Типи, номенклатура. Порівняння їх властивостей з оксигеновмісними похідними. Тіоспирти та тіокарбонільні сполуки. Алкансульфокислоти і їх похідні.
- 4.10.1.** Синтетичні миючі засоби. Аренсульфокислоти. Реакція сульфування бензену та його гомологів, сульфуючі агенти і особливості механізму сульфування, побічні реакції при сульфуванні, аренів. Реакції нуклеофільного та електрофільного заміщення сульфогрупи. Десульфування аренсульфокислот і його причини. Одержання та властивості функціональних похідних сульфокислот. Сульфони, сульфіди та сульфокси. Використання сульфокислот і їх похідних.
- 4.10.2.** Органічні сполуки кремнію і полімери на їх основі. Фосфорганічні речовини, типи і номенклатура. Пестициди та бойові отруйні фосфорганічні речовини. Органічні похідні металів першої та другої групи. Магнійорганічні речовини. Методи одержання, будова і стійкість. Синтези на основі магнійорганічних речовин. Цинк- та алюмінійорганічні речовини і їх використання в органічному синтезі.
- 4.11. Нітрогеновмісні сполуки.**
- 4.11.1.** Нітрозо- і нітросполуки. Одержання нітрозо- та нітросполук. Будова нітрогрупи, мезомерія. Реакції різних нітросполук з лугами та з нітритною кислотою. Конденсація нітросполук з карбонільними сполуками. Ацидоліз первинних нітросполук. Відновлення нітросполук до амінів (роботи Зайцева). Нітроформ.
- 4.11.2.** Ароматичні нітросполуки. Способи одержання нітросполук з нітрогрупою в бензеновому ядрі та в боковому ланцюзі. Нітруючі агенти, механізм реакції нітрування. Ди- і тринітробензени та толуени. Реакції нуклеофільного заміщення водню в нітроаренів та галогену у галогеннітроаренів. Комплекси Мезенгеймера. Властивості нітрогрупи в боковому ланцюзі. Таутомерія фенілнітрометану і йому подібних сполук.
- 4.11.3.** Відновлення нітроаренів у лужному і в кислому середовищі, відновники, які використовуються в даних реакціях. Роботи Зініна. Нітробензен, фенілгідроксиамін, азокси-, азо- і гідразобензени. Їх будова і способи одержання. Бензидинове і семідинове перегрупування. Полінітросполуки. Їх комплекси з переносом заряду. Часткове відновлення динітроаренів. Нітростільбени. Значення і використання нітросполук.
- 4.11.4.** Типи амінів, ізомерія, номенклатура. Одержання амінів за допомогою нуклеофільного заміщення (алкілювання аміаку та амінів галогенопохідними, алкілсульфатами, спиртами,  $\alpha$ -оксидами). Відновлення нітрогеновмісних похідних (нітросполук, амідів, нітрилів оксимів) і їх перегрупування (Бекмана, Гофмана, Курціуса) Синтез амінів по реакції Габрієля.

- 4.11.5.** Будова аміно- та амонійної груп. Роль вільної електронної пари у виявленні основних властивостей та у комплексоутворенні. Стереохімія сполук з трьох- і чотирьохкоорди-наційним атомом нітрогену. Порівняння основних і нуклеофільних властивостей різних типів аліфатичних амінів. Алкілювання та ацилювання амінів. Солі та гідроксиди четвертинного амонію, їх розклад (правило Гофмана). Дія нітритної кислоти на первинні, вторинні та третинні аліфатичні аміни. Розділення цих амінів. Поняття про ізонітрили. Значення амінів та четвертинних солей амонію, їх використання. Етанол- і діетаноламіни. Діаміни: знаходження в природі, синтез і використання.
- 4.11.6.** Одержання синтетичних поліамідних волокон (нейлон, капрон). Поняття про діазосполуки аліфатичного ряду. Діазометан, діазірини, діазооцтовий естер (будова, методи одержання і властивості).
- 4.11.7.** Амінокислоти і білки. Природні амінокислоти, їх стереохімія. Заміними та незаміними амінокислоти. Методи одержання амінокислот, фізичні властивості. Хімічні властивості: амфотерність, взаємні перетворення з окси- і кетокислотами. Порівняння властивостей амінокислот. Класифікація білкових речовин. Загальні поняття про будову, фізичні та хімічні властивості білків. Характерні реакції на білки. Синтетичні поліаміди: нейлон, капрон.
- 4.11.8.** Ароматичні аміни. Типи ароматичних амінів, ізомерія, номенклатура. Методи одержання ароматичних і жирноароматичних амінів у лабораторії та в промисловості. Електронна будова, основність і вплив замісників на основні властивості ариламінів. Реакції по аміногрупі: алкілювання, ацилювання, одержання ізонітрилів та основ Шифа, реакції з нітритною кислотою. Реакції електрофільного заміщення у ариламінів. Сульфування амінів, сульфанілова кислота, сульфамідні препарати. Захист аміногрупи. Окиснення амінів. Діаміни. Аміни з аміногрупою у боковому ланцюзі, їх синтез і властивості. Значення амінів і використання.
- 4.11.9.** Діазо та азосполуки. Дінітрогенування первинних амінів нітритною кислотою (Гріс). Дінітрогенуючі агенти. Механізм реакції дінітрогенування. Проміжні сполуки, їх будова та властивості. Будова солей діазонію та їх стійкість. Тверді солі діазонію. Умови проведення реакції в залежності від будови аміну, пряме та зворотнє дінітрогенування.
- 4.11.10.** Реакції діазосполук з виділенням нітрогену. Заміна діазогрупи на гідроген, гідроксил, йод, бром, хлор, ціангрупу (Зандмейєр, Гофман), на фтор (Шіман), нітрогрупу. Синтез металорганічних сполук (Несмеянов), оксонієвих та галогенонієвих сполук з солей діазонію. Арилювання ароматичних та ненасичених сполук.
- 4.11.12.** Реакції діазосполук без виділення нітрогену. Відновлення діазосполук до арилгідразинів. Одержання аміноазосполук (триазенів), їх таутомерія та перетворення. Реакція азосполучення як приклад ще однієї реакції електрофільного заміщення в ароматичному ряді.
- 4.11.13.** Діазо- та азоскладові, їх реакційна здатність у залежності від замісників ароматичного ядра, орієнтація в реакціях азосполучення. Оптимальні умови для азосполучення ариламінів та фенолів. Поняття про азобарвники та способи їх використання. Метилоранж і Конго червоний, як кислотно-основні індикатори, зміна кольору при зміні кислотності середовища.
- 4.12. Гетероциклічні сполуки.**
- 4.12.1.** Загальні поняття, типи, класифікація, ізомерія та номенклатура. П'ятичленні гетеро- цикли з одним гетероатомом. Фуран, пірол, тіофен. Загальні методи синтезу та взаємні перетворення (Юр'єв). Вплив природи гетероатома на ароматичність та на особливості взаємодії гетероциклу з електрофілами. Порівняльна характеристика фізичних та хімічних властивостей фурану, піролу тіофену і бензену. Реакції гідратування та окиснення.
- 4.12.2.** Фурфурол, тіофен-2-альдегід, пірослизева кислота. Кислотні властивості і їх використання в синтезі. Аналогія у властивостях піролу і фенолу. Конденсація піролу з формальдегідом та мурашиною кислотою. Пірол-2-альдегід і його перетворення у порфін. Пірольний цикл, як структурний фрагмент хлорофілу та гемоглобіну.
- 4.12.3.** Індол і його похідні. Методи побудови індольного ядра, оснований на використанні ароматичних амінів та арилгідразонів (Фішер). Хімічні властивості індолу, як аналога піролу. Синтез похідних.
- 4.12.4.** Уявлення проприродні сполуки індолу, індиго. Поняття про індигоїдні барвники та кубове фарбування.
- 4.12.5.** П'ятичленні гетероцикли з декількома гетероатомами. Піразол, імідазол, триазол, тетразол, оксазол, тiazол: основні методи одержання, електронна будова, ароматичність, хімічні властивості.
- 4.12.6.** Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Піридин і його гомологи. Ізомерія та номенклатура похідних. Ароматичність та основністьпіридинового циклу. Виявлення

нуклеофільних властивостей: реакції з електрофілом по атому нітрогену і утворення N-оксидів. Відношення піридину і його гомологів до окисників. Гідрування піридинового ядра. Вплив гетероатому на реакційну здатність піридинового циклу в цілому, та на окремі положення. Аналогія у хімічних властивостях піридину та нітробензену. Реакції електро-фільного заміщення для піридину та його N-оксидів. Реакції нуклеофільного заміщення гідрогену (Чічібабін) і атомів галогенів. Активність метильної групи в залежності від її місця розташування у піридиновому ядрі. Вплив замісників на властивості гідрокси- та амінопіридинів, таутомерія гідроксипіридинів. Солі піридинію, розщеплення піридинового циклу.

**4.12.7.** Хінолін і його похідні. Методи побудови хінолінового ядра, оснований на реакціях аніліну з гліцерином та карбонільними сполуками (Скрауп, Дебнер-Міллер). Окиснення хіноліну. Подібність і різниця у хімічних властивостях піридину і хіноліну. Ізохінолін. Природні сполуки та лікарські препарати, що містять піридиновий цикл.

**4.12.8.** Шестичленні гетероцикли з декількома гетероатомами. Піримідин. Способи одержання, оснований на взаємодії сечовини та її похідних з малоновим естером, естерами β-альдегідо- і β-кетокислот. Подібність і різниця у хімічних властивостях піридину та піримідину. Урацил, цитозин, тимін. Кофеїн, сечова кислота. Поняття про нуклеотиди та нуклеїнові кислоти.

## 5. МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ

### 5.1. Шкільна хімічна освіта як соціально-педагогічна система

**5.1.1.** Вступ. Методика викладання хімії як наука і як навчальний предмет в педагогічному навчальному закладі освіти. Мета і завдання навчання хімії. Система професійної підготовки студентів – майбутніх учителів хімії та вимоги до їх методичних знань й умінь.

**5.1.2.** Зміст і побудова курсу хімії в середній школі. Загальні основи процесу навчання. Місце хімії як базової дисципліни в системі безперервної освіти. Система хімічних знань як науково-теоретична основа відбору та побудови навчального предмета хімії. Реалізація диференційованого підходу до навчання учнів хімії у 12-річній школі.

**5.1.3.** Методи навчання учнів хімії. Інтерактивні методи. Система словесних методів навчання: опис, пояснення, розповідь, лекція, бесіда, семінар. Система словесно-наочних методів навчання. Поняття „метод навчання” в педагогічній науці. Класифікація методів навчання хімії. Методи і методичні прийоми.

**5.1.4.** Засоби навчання хімії. Натуральні та зображувальні засоби наочності. Вимоги до демонстраційних дослідів та методика поєднання їх зі словесними. Поняття „засоби навчання” в педагогічній науці. Шкільний хімічний кабінет і його призначення.

**5.1.5.** Організаційні форми навчання хімії. Технології проведення навчальних занять з хімії. Багатоманітність організаційних форм навчання учнів хімії. Нетрадиційні форми організації навчання хімії. Планування навчального матеріалу з хімії. Види планування. Робота вчителя з складання тематичного плану.

**5.1.6.** Структура і зміст шкільної хімічної освіти. Загальна модель процесу навчання хімії, основні його компоненти: зміст хімії як навчального предмета, викладання, учіння, засоби навчання. Виховання і розвиток учнів у процесі навчання хімії.

**5.1.7.** Проблемне навчання хімії. Нетрадиційні методи навчання хімії. Методика групової роботи. Принцип пошукової навчально-пізнавальної діяльності учня як основний принцип проблемного навчання. Методика розв’язання проблем на різних етапах навчання.

**5.1.8.** Методичні підходи до складання завдань та вправ для встановлення рівня навчальних досягнень з хімії. Рівні навчальних досягнень учнів з хімії. Методичні підходи до складання завдань та вправ для встановлення рівня навчальних досягнень учнів з хімії. Методичні рекомендації до створення тестових завдань. Оцінювання в дистанційному навчанні.

### 5.2. Методика формування хімічних понять. Методика вивчення законів, теорій, хімічних елементів та органічних сполук

**5.2.1.** Методика викладання тем, що формують початкові хімічні поняття і уявлення. Хімічна мова як засіб пізнання та навчання хімії. Шкільна хімічна мова та її функції в навчанні. Місце хімічної мови в системі засобів навчання.

**5.2.2.** Формування початкових понять і уявлень. Поняття про кількість речовини, хімічні рівняння. Освітні та виховні завдання вивчення теми «Початкові хімічні поняття».

**5.2.3.** Методика навчання хімії у 8 класі. Методика формування понять про хімічний зв’язок і будову речовини. Методичні підходи до вивчення хімічного зв’язку.

**5.2.4.** Методика вивчення періодичного закону Д.І. Менделєєва, періодичної системи хімічних елементів і теорії будови атома. Освітні та виховні завдання вивчення теми. Періодичний закон

і теорія будови атома як наукова основа шкільного курсу хімії. Поняття про природні родини хімічних елементів.

**5.2.5.** Методика вивчення розчинів та основ електролітичної дисоціації. Місце і значення навчального матеріалу про розчини у шкільному курсі хімії. Розвиток та узагальнення знань учнів про основні класи неорганічних сполук на основі теорії електролітичної дисоціації.

**5.2.6.** Методика вивчення елементів та їх сполук в систематичному курсі хімії. Значення навчального матеріалу про елементи та

їх сполуки в шкільному курсі хімії. Освітні та виховні завдання вивчення неметалів та їх сполук. Використання демонстраційного та учнівського хімічного експерименту при вивченні властивостей елементів та їх сполук.

**5.2.7.** Методичні принципи вивчення органічних сполук у шкільному курсі хімії. Освітні, пізнавальні та дидактичні завдання вивчення органічних речовин. Зміст і побудова шкільного курсу органічної хімії.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### 1. ЗАГАЛЬНА ТА НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

- 1.1.** Загальна хімія: навч. посіб. для студентів хім.-технол. та нехім. спец. ден. та заоч. форм навчання / [В.І. Булавін та ін.] ; під заг. ред. проф. В.І. Булавіна ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". 2-ге вид., перероб. та допов. Харків: Бровін О.В., 2019. 373 с.
- 1.2.** Загальна та неорганічна хімія : теоретичні та лабораторно-практичні аспекти : навчальний посібник: для студентів вищих навчальних закладів / [В.М. Гуляєв ... [та ін.];, Дніпровський державний технічний університет (ДДТУ). Кам'янське: ДДТУ, 2019. 324 с.
- 1.3.** Загальна хімія: навчально-методичний посібник/ П.В. Вакулюк, Л.К. Забава, Н.М. Бабич, А.Ф. Бурбан; [рец. Л.І. Кострова]; Нац. ун-т "Києво-Могилян. акад." Київ: [НАУКМА], 2015. 266 с.
- 1.4.** Жак О.В., Каличак Я.М. Загальна хімія: навч. посіб. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2010. – 368 с.
- 1.5.** Сиса Л.В., Сомов В.М. Неорганічна хімія в розрахункових задачах для комп'ютерного контролю знань. Луцьк: Видав. обл. друкарні, 2006. 287 с.
- 1.6.** Кириченко В.І. Загальна хімія: Навч. посібн. / В.І. Кириченко. – К.: Вища шк., 2005. – 639 с.
- 1.7.** Рейтер Л.Г., Степаненко О.М., Басов В.П. Теоретичні розділи загальної хімії: Навчальний посібник. К.: Каравела, 2003. 344 с.
- 1.8.** Степаненко О.М., Рейтер Л.Г. Загальна та неорганічна хімія. Том I, том II. Київ: Педагогічна преса, 2002. 765 с.
- 1.9.** Неділько С.А., Попель П.П. Загальна й неорганічна хімія. Задачі та вправи. К.: Либідь, 2001. 400 с.
- 1.10.** Основи загальної хімії / В.С. Телегус, О.І. Бодак, О.С. Заречнюк, В.В. Кіндзібало. Львів: Світ, 2000. 424 с.
- 1.11.** Григор'єва В.В., Самійленко В.М., Сич А.М. Загальна хімія. К.: Вища шк., 1991. 431 с.
- 1.12.** Романова Н.С. Загальна та неорганічна хімія. К.: Вища шк., 1988. 432 с.
- 1.13.** Глінка М.Л. Загальна хімія (Підручник) 2-ге вид., перероб. і доп.. Київ: «Вища школа», 1982. 608 с.
- 1.14.** Голуб А.М. Загальна та неорганічна хімія: В 2 ч. К.: Вища шк., 1971. 442 с.

### 2. АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ НАВЧАННЯ

- 2.1.** Базель Я.Р., Воронич О.Г., Кормош Ж.О. Практичний курс аналітичної хімії. Луцьк: Вежа, 2004. 256 с.
- 2.2.** Практикум з аналітичної хімії. Інструментальні методи аналізу. [для студ. вищ. навч. закл.] / Студеняк Я.І., Воронич О.Г., Сухарева О.Ю. та ін. Ужгород, 2014. 129 с.
- 2.3.** Основы аналитической химии: в 2 т. : учебн. для студ. учреждений высш. проф. образования / [Т.А. Большова и др.]; под ред. Ю.А. Золотова. – 5-е изд. стер. М. : Издательский центр "Академия", 2012. 384 с.
- 2.4.** Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. Практическое руководство. М.: Высшая школа, 2001. 463 с.
- 2.5.** Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2-х кн. Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа: учеб. – М.: Дрофа, 2002. – 368 с.
- 2.6.** Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2-х кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа: учеб. М.: Дрофа, 2002. 384 с.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- 2.7. Аналитическая химия. Проблемы и подходы / под ред. Р. Кельнер, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г.М. Видмер; под общ. ред. акад. Ю.А. Золотова. М: Мир «АСТ», 2004 Т. 1. 608 с. Т.2. 728 с.
- 2.8. Кузьма Ю., Ломницька Я., Чабан Н. Аналітична хімія. Львів: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2001. 298 с.
- 2.9. Бохан Ю.В. (у співавторстві) Хімічні методи аналізу. Теорія та практика (навчальний посібник з грифом МОН). Кіровоград: Вид.ДНУ, 2013. 312 с.
- 2.10. Зінчук В.К., Гута О.М. Хімічні методи якісного аналізу. Львів: Видавн. центр ЛНУ ім. І.Франка, 2006. 151 с.
- 2.11. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. Львів: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2008. 363 с.

## 3. ФІЗИЧНА ХІМІЯ

- 3.1. Антропов Л.І. Теоретична електрохімія. К.: Вища школа, 1993.
- 3.2. Сборник примеров и задач по электрохимии / А.В. Введенский, Е.В. Бобринская, С.Н. Грушевская, Т.А. Кравченко и др. СПб.: Издательство «Лань», 2018.
- 3.3. Голиков Г.А. Руководство по физической химии. М.: Высшая школа, 1988.
- 3.4. Гомонай В.І., Гомонай О.В. Фізична хімія. Ужгород: Патент, 2004.
- 3.5. Дамаскин Б.Б. Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. СПб.: Лань, 2015.
- 3.6. Основы физической химии в 2-х т. / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская и др. М.: Лаборатория знаний, 2019. [Электронный ресурс].
- 3.7. Ковальчук С.П., Решетняк О.В. Фізична хімія. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007.
- 3.8. Кудряшов И.В., Каретников Г.С. Сборник примеров и задач по физической химии. М.: Высшая школа, 1991.
- 3.9. Еремин Е.Н. Основы химической термодинамики. М.: Высшая школа, 1978.
- 3.10. Курс физической химии / Под ред. Я.И. Герасимова. Т. 1-2. М.: Химия, 1966-1967.
- 3.11. Лебедь В.І. Фізична хімія. Харків: Фоліо, 2007.
- 3.12. Физическая химия в 2-х т. / Под ред. К.С. Краснова. М.: Высшая школа, 1995-1996.
- 3.13. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.: Высшая школа, 2001.
- 3.14. Яцимирський В.К. Фізична хімія. К.: Перун, 2007.
- 3.15. Эткинс П. Физическая химия. Т. 1-2. М.: Мир, 1980.
- 3.16. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. М.: Высшая школа, 1984.
- 3.17. Физическая химия / Под ред. К.С. Никольского. Л.: Химия, 1987.
- 3.18. Марчук О.В., Янчук О.М. Фізична хімія. Збірник задач. Луцьк: РВВ «Вежа», 2005.

## 4. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

- 4.1. Обушак М.Д., Біла Є.Е. Органічна хімія: навчальний посібник. Частина 1. Львів, вид. ЛНУ ім. І. Франка. 2004. 204 с.
- 4.2. Обушак М.Д., Біла Є.Е. Органічна хімія: навчальний посібник. Частина 2. Львів: вид. ЛНУ ім. І. Франка. 2018. 256 с.
- 4.3. Органічна хімія: підручник для вузів / В.Я. Чирва, С.М. Ярмолюк, Н.В. Толкачова, О.Є. Земляков. Львів, Вид. БаК. 2009. 996 с.
- 4.4. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. Львів: Центр Європи, 2001. 864 с.
- 4.5. Нейланд О.Я. Органическая химия. М.: Высш. школа, 1990.
- 4.6. Робертс Дж., Кассерио М. Основы органической химии. В 2-х томах. М.: Мир, 1978.
- 4.7. Марч Дж. Органическая химия. В 4-х томах. М.: Мир, 1987.
- 4.8. Органикум. В 2-х томах: Пер. с нем.- М.: Мир, 1992.
- 4.9. Моррисон Р., Бойд Р. Органическая химия. М.: Мир, 1974, 1132с.
- 4.10. Терней А. Современная органическая химия: в 2 т., М.: Мир, 1981. Т.1,2.
- 4.11. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. М.: Химия, 1971, 280 с.
- 4.12. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. К.: Вища школа, 1992. 503 с.
- 4.13. Петров А.А., Бальян Х.В., Трощенко А.Т. Органическая химия. М.: Высшая школа, 1981. 592 с.

## 5. МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ

- 5.1. Буринська Н.М. Викладання хімії у 8-9 класах загальноосвітньої школи : метод. посібник для

- вчителів. Київ; Ірпінь: Перун, 2000. 144 с.
- 5.2. Буринська Н.М., Величко Л.П. Викладання хімії у 10-11 класах загальноосвітніх навчальних закладів : метод. посібник для вчителів. Київ; Ірпінь: Перун, 2002. 240 с.
  - 5.3. Довідник учителя хімії в запитаннях та відповідях/ Упоряд. С.В.Василенко. Харків : Веста: Видавництво «Ранок», 2007. 528 с.
  - 5.4. Зайцев О.С. Методика обучения химии: Теоретический и прикладной аспекты : учеб. для студ. высш. учеб. заведений. М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 1999. 384 с.
  - 5.5. Максимов О.С. Методика викладання хімії: Практикум : навч. посіб. К.: Вища шк., 2004. 167 с.
  - 5.6. Марцинко О. Е. Методика викладання хімії: методичні вказівки та завдання для самостійної роботи / Под. ред. проф. І. Й. Сейфулліної. Одеса: «Одеський національний університет імені І. І. Мечникова», 2015. 60 с.
  - 5.7. Методика викладання шкільного курсу хімії / За ред. Н.М. Буринської. К.: Освіта, 1991. 350 с.
  - 5.8. Методика преподавания химии / Под ред. Н.Е. Кузнецовой. М.: Просвещение, 1984. 415 с.
  - 5.9. Перетятко В.В. Методика викладання хімії : навчально-методичний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки «Хімія» Запоріжжя: ЗНУ, 2014. 91 с.
  - 5.10. Чернобельская Г.М. Методика обучения химии в средней школе : учеб. для студ. высш. учеб. заведений. Москва : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. 336 с.
  - 5.11. Шиян Н.І. Шкільний курс хімії та методика його викладання : навч. посібник. Полтава: ІОЦ ПНПУ імені В.Г. Короленка, 2010.
  - 5.12. Активні форми і методи навчання хімії / Уклад. К.М. Задорожній. Харків: «Основа», 2008. 141 с.
  - 5.13. Актуальний досвід викладання хімії / Уклад. К.М. Задорожній. Харків: «Основа», 2010. 143 с.