

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**

Затверджено”
на засіданні Вченої Ради
хімічного факультету
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол №19 від 23.03.2023 р.)

Декан _____

Григорій ДМИТРІВ



ПРОГРАМА

**КОМПЛЕКСНОГО КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ІСПИТУ
«ХІМІЯ І МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ»**

освітній рівень	бакалавр
галузь знань	01 Освіта/Педагогіка
спеціальність	014.06 Середня освіта (Хімія)
освітня програма	Середня освіта (Хімія)
факультет	хімічний

НЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ

1. Основні положення і поняття атомно-молекулярної теорії. Атом, молекула, іон. Проста і складна речовина. Хімічний елемент. Атомна одиниця маси. Відносні атомна та молекулярна маси. Кількість речовини. Моль. Молярна маса, молярний об'єм. Характеристика агрегатних станів речовини. Закони газового стану. Реальні гази.
2. Фундаментальні закони хімії (збереження і перетворення енергії, збереження кількості руху та електричного заряду, сталості складу Пруста, еквівалентів Ріхтера-Дальтона, закон кратних відношень Дальтона). Основні класифікаційні поняття: система, тіло, фаза, компонент, індивід. Сполуки постійного і змінного складу. Дальтоніди та бертоліди. Хімічна формула. Види хімічних формул. Методи визначення молекулярних і атомних мас.
3. Закономірності перебігу хімічних реакцій. Хімічна термодинаміка. Термодинамічні параметри. Функції стану. Внутрішня енергія. Тепловий ефект реакції. Ізобарні та ізохорні хімічні процеси. Ентальпія. Перший закон термодинаміки. Закони термохімії: Лавуазьє-Лапласа та Гесса. Ентальпія утворення хімічних сполук. Термохімічні рівняння. Напрявленість перебігу хімічних реакцій. Хімічна спорідненість. Термодинамічна імовірність. Ентропія. Другий закон термодинаміки. Зміна ентропії в хімічних процесах. Енергія Гіббса та її зміна. Термодинамічний аналіз можливості і спрявленості перебігу хімічних реакцій.
4. Хімічна кінетика і рівновага. Хімічні реакції в гомогенних та гетерогенних системах. Швидкість гомогенних реакцій. Фактори, що визначають швидкість хімічної реакції. Хімічна рівновага в гомогенних і гетерогенних системах. Константа рівноваги. Взаємозв'язок між константою рівноваги і енергією Гіббса. Вплив зовнішніх факторів на хімічну рівновагу. Принцип Ле Шательє-Брауна і його значення в хімії.
5. Дисперсні системи. Розчини. Класифікація розчинів за агрегатним станом їх компонентів: газові, рідкі, тверді розчини. Розчинення як фізико-хімічний процес. Теорії розчинів. Сольватація (гідратація). Сольвати (гідрати). Способи вираження концентрації розчинів. Розчинність речовини. Коефіцієнт розчинності. Насичені, ненасичені та пересичені розчини. Теорії розчинності. Вплив на розчинність природи компонентів розчину, температури і тиску. Розчинність твердих речовин. Криві розчинності. Розчинність рідин. Закон розподілу Нернста. Екстракція. Розчинність газів. Залежність розчинності газів від температури та тиску. Азеотропні суміші. Закон Генрі.
6. Колігативні властивості розчинів. Фазові рівноваги. Діаграма стану води та правило фаз Гіббса. Тиск пари розчинів. Температури замерзання і кипіння розчинів. Закони Рауля. Діаграма стану розчину. Кріоскопія і ебуліоскопія. Осмос. Осмотичний тиск. Закон осмотичного тиску.
7. Властивості розчинів електролітів. Теорія електролітичної дисоціації. Ступінь електролітичної дисоціації. Сильні та слабкі електроліти. Електропровідність розчинів. Рівновага в розчинах слабких електролітів. Константа електролітичної дисоціації. Ступінчаста дисоціація. Закон розбавлення Оствальда. Властивості розчинів сильних електролітів. Іонні асоціати. Кислотно-основна дисоціація. Електролітична дисоціація води. Іонний добуток води. Водневий показник середовища. Малорозчинні електроліти. Добуток розчинності. Реакції обміну між електролітами. Реакції нейтралізації та гідролізу. Гідроліз солей. Ступінь

- гідролізу. Константа гідролізу. Взаємозв'язок ступеня та константи гідролізу.
8. Теорії кислот та основ. Електролітична теорія Ареніуса. Теорія сольвосистем (Франклін, Кеді). Протонна теорія Бренстеда-Лоурі. Електронна теорія Льюїса.
 9. Електрохімічні процеси. Електродні потенціали металів. Електрохімічний ряд напруг металів. Хімічні джерела електричної енергії. Гальванічні елементи. Електрорушійна сила гальванічних елементів. Відновні й окисні потенціали. Вплив концентрації, температури, середовища і комплексоутворення на потенціали. Рівняння Нернста. Концентраційні елементи. Акумулятори. Електроліз. Окисно-відновні процеси під час електролізу. Електроліз розплавів і водних розчинів електролітів. Закони електролізу. Електрохімічний еквівалент. Корозія металів, її типи. Способи захисту металів від корозії. Окисно-відновні реакції. Процеси окиснення і відновлення. Окисники і відновники. Типи окисно-відновних реакцій. Методи складання рівнянь окисно-відновних реакцій: алгебраїчний, електронного балансу, аналізу ступенів окиснення, напівреакцій.
 10. Будова атомів. Розвиток уявлень про складність будови атомів. Ядерна модель Резерфорда. Атомні спектри. Двоїста природа світла. Рівняння Планка. Основні ідеї квантової механіки. Постулати Бора. Квантово-механічна модель атома. Корпускулярно-хвильовий дуалізм мікросвіту. Принцип невизначеності Гейзенберга. Хвильове рівняння Шредінгера. Хвильові функції атома водню та електронні орбіталі. Характеристика стану електрона квантовими числами. Будова багатоелектронних атомів. Атомні ядра, їхній склад та будова. Протонно-нейтронна модель ядра. Нукліди. Ізотопи, ізотони, ізобари. Енергія зв'язку. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Ядерні реакції. Термоядерні реакції. Мічені атоми. Дія на організм радіоактивного випромінювання.
 11. Хімічний зв'язок і будова молекул. Типи хімічного зв'язку. Ковалентний зв'язок. Умови утворення ковалентного зв'язку. Метод валентних зв'язків. Механізми утворення ковалентного зв'язку. Особливості ковалентного зв'язку: насичуваність і напрямленість. Способи перекривання електронних орбіталей. Одинарний і кратні зв'язки. Гібридизація атомних орбіталей. Типи гібридизації. Просторова конфігурація молекул. Метод молекулярних орбіталей. Енергетичні діаграми розподілу електронів на молекулярних орбіталях. Порядок зв'язку. Розподіл електронів на молекулярних орбіталях гомо- і гетероядерних молекул. Іонний зв'язок. Умови утворення іонного зв'язку. Ненапрямленість і ненасиченість іонного зв'язку. Іонні кристали. Координаційне число іона в кристалі. Енергія іонного кристала. Водневий зв'язок, природа і особливості водневого зв'язку. Металічний зв'язок. Теорія металічного стану. Енергетичні зони: валентна, провідності, заборонена. Типи твердих тіл: провідники, напівпровідники і діелектрики. Міжчастинкові взаємодії. Природа міжмолекулярних сил. Вандерваальсова взаємодія молекул: орієнтаційна, індукційна, дисперсійна. Енергія міжмолекулярної взаємодії.
 12. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів. Періодичний закон Д.І. Менделєєва і його загальнонаукове і філософське значення. Структура періодичної системи елементів.
 13. Склад і будова комплексних сполук. Координаційна теорія Вернера. Комплексоутворювачі. Типи лігандів. Дентатність і лігандність. Комплексоутворення і дисоціація комплексних сполук. Константи стійкості комплексних іонів. Класифікація комплексних сполук. Номенклатура комплексних сполук. Просторова конфігурація та ізомерія комплексних сполук. Природа хімічного зв'язку в комплексних сполуках.

14. Гідроген. Фізичні та хімічні властивості водню. Форми знаходження в природі. Способи добування. Застосування водню. Гідриди.
15. Елементи сьомої групи. Загальна характеристика. Будова атомів. Характеристика елементів. Особливості фтору. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Форми знаходження галогенів у природі. Способи добування. Застосування галогенів. Галогеноводні. Галогеноводневі кислоти. Оксигенвмісні сполуки галогенів. Порівняльна стійкість і окиснювальна здатність. Інтергалогеніди.
16. Підгрупа мангану. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Добування і застосування. Оксиди і гідроксиди. Стійкість, кислотно-основні та окисно-відновні властивості.
17. Елементи шостої групи. Кисень. Фізичні властивості. Алотропні модифікації кисню. Вода. Пероксиди, надпероксиди та озоніди. Добування і застосування халькогеноводнів. Халькогеніди. Оксигенвмісні сполуки халькогенів. Сульфатна, селенітна і телуритна кислоти. Сульфатна, селенатна і телуратна кислоти. Властивості кислот. Полісульфатні кислоти. Олеум. Промислові методи добування сульфатної кислоти та її застосування. Сульфати.
18. Підгрупа хрому. Фізичні та хімічні властивості простих речовин. Оксиди хрому, молібдену і вольфраму, їхня стійкість, кислотно-основні та окисно-відновні властивості. Гідроксиди. Хроматна, молібдатна і вольфраматна кислоти, їхня стійкість, кислотні та окиснювальні властивості. Солі хрому, молібдену і вольфраму. Хромати, молібдати, вольфрамати. Порівняння властивостей елементів підгрупи хрому з властивостями халькогенів.
19. Елементи п'ятої групи. Підгрупа нітрогену. Амоніак. Добування. Розчинність у воді. Солі амонію. Реакції окиснення. Застосування амоніаку. Гідразин та його хімічні властивості. Гідроксиламін та його хімічні властивості. Оксигенвмісні сполуки нітрогену та їхні похідні. Нітритна кислота. Нітрити. Нітратна кислота. Нітрати. Застосування нітратної кислоти та її солей. Азотні добрива. Оксиди фосфору, арсену, стибію і бісмуту. Фосфатні кислоти та їхні солі. Фосфорні добрива.
20. Підгрупа ванадію. Оксиди і гідроксиди. Кисотно-основні властивості. Сполуки елементів з неметалами. Галогеніди.
21. Елементи четвертої групи. Підгрупа карбону. Особливості хімічних зв'язків карбону і силіцію. Прості речовини. Алотропні модифікації. Напівпровідникові властивості силіцію і германію. Хімічні властивості. Оксигенвмісні сполуки та їхні похідні. Оксиди карбону. Карбоніли металів. Карбонатна кислота та її солі. Оксиди силіцію. Силікатні кислоти та їхні солі. Алюмосилікати. Оксиди і гідроксиди германію, стануму і плюмбуму, їхня порівняльна стійкість, кислотно-основні та окисно-відновні властивості. Сполуки з металами. Карбіди.
22. Підгрупа титану. Оксиди та гідроксиди. Солі: титанати, цирконати, гафнати. Властивості солей. Сполуки з неметалами.
23. Елементи третьої групи. Підгрупа бору. Борани. Бор оксид та його похідні. Боратні кислоти та їхні солі. Натрій тетраборат. Бор нітрид. Бориди. Алюміній оксид. Алюміній гідроксид. Кисотно-основні властивості. Солі алюмінію в аніонній і катіонній формах. Галій, індій, талій. Властивості речовин та їхніх сполук.
24. Підгрупа скандію. Родини лантаноїдів та актиноїдів. Рідкісноземельні елементи. Підродини церію та ітрію. Оксиди. Гідроксиди. Солі. Сполуки з неметалами та металами. Найважливіші сполуки актиноїдів.

25. Підгрупа берилію. Магній. Лужноземельні метали. Хімічні властивості простих речовин та сполук.
26. Підгрупа цинку. Фізичні і хімічні властивості простих речовин. Оксиди і гідроксиди. Солі. Кристалогідрати. Солі цинку в катіонній та аніонній формах. Солі гідраргірису (+1). Гідроліз солей.
27. Елементи першої групи. Підгрупа лужних металів. Підгрупа купруму. Здатність до утворення катіонної та аніонної форм, комплексоутворення. Галогено-, ціано-, аміно-, аквакомплекси. Тетрахлороауратна кислота та її солі.
28. Елементи восьмої групи. Шляхетні гази. Родина фероїдів. Оксиди. Гідроксиди. Солі. Кристалогідрати. Ферити. Ферати. Принципи добування. Комплексні сполуки. Відносна стійкість простих і комплексних солей. Родина платиноїдів.

АНАЛІТИЧНА ХІМІЯ

1. Метрологічні основи хімічного аналізу. Аналітичний сигнал. Аналітичні реакції та реагенти, вимоги до них. Чутливість та селективність реакцій. Метрологічні характеристики аналітичних методів. Статистичне опрацювання вимірів. Закон нормального розподілу випадкових похибок, t- і F-розподіл. Середнє, дисперсія, стандартне відхилення. Способи оцінювання правильності.
2. Рівновага в гомогенній системі. Константа рівноваги та способи її подання. Активна концентрація і коефіцієнт активності. Теорія Бренстеда-Лоурі, сучасні уявлення про кислоти та основи. Константи кислотності й основності, їх взаємозв'язок. Властивості розчинників, автопротоліз. Розрахунок рН розчинів протолітів різного виду та їх сумішей. Буферні розчини. Буферна ємність.
3. Рівновага між твердою фазою і розчином. Константа рівноваги та її зв'язок із розчинністю. Фракційне осадження. Вплив різних чинників на розчинність. Розчинність осадів в кислотах. Кінетика утворення осадів. Властивості кристалічних та аморфних осадів. Умови їх утворення. Старіння осадів. Причини забруднення осадів: сумісне осадження, співосадження, післяосадження. Класифікація різних видів співосадження (адсорбція, оклюзія, ізоморфізм та ін.). Концентрування мікроелементів співосадженням на неорганічних колекторах). Гравіметрія. Суть методу та межі його застосування. Вимоги до осаджуваної та гравіметричної форм. Найважливіші неорганічні та органічні осаджувачі.
4. Методи виділення, відокремлення, концентрування. Константа розподілу, фактор розділення. Коефіцієнт концентрування. Екстракція. Закон розподілу. Класифікація екстракційних процесів. Селективне розділення елементів шляхом підбору органічних розчинників, зміни рН водної фази, маскування та демаскування. Хроматографія, основні різновиди. Класична і кінетична теорії, основні теоретичні положення. Типи стаціонарних і рухливих фаз. Іонний обмін та іонообмінна хроматографія. Газова хроматографія, основні теоретичні положення, типи детекторів. Тонкошарова хроматографія.
5. Титриметричний аналіз та його види. Вимоги до реакцій. Точність титриметричних методів. Способи подання концентрації розчинів у титриметрії. Точка еквівалентності і кінцева точка титрування. Первинні та вторинні стандарти, вимоги до них. Методи окремих наважок та піпетування. Обчислення результатів аналізу.
6. Протолітометрія. Принцип побудови кривих титрування для протолітів різних типів. Індикатори методу. Іоннохроміфорна теорія індикаторів. Індикаторні похибки. Первинні стандарти методу протолітометрії. Застосування методу для

- визначення фосфатної, карбонатної кислот. Аналіз суміші натрію карбонату та гідрогенкарбонату. Визначення тимчасової твердості води, солей амонію, нітратів та нітритів.
7. Метод осадження. Загальна характеристика та побудова кривих титрування. Способи визначення точки еквівалентності. Аргентометрія. Адсорбційні індикатори, принцип дії. Меркурометрія: індикатори методу та сфери застосування.
 8. Окисно-відновні реакції в аналітичній хімії. Оборотної і необоротні окисно-відновні системи та їх потенціали (реальні). Вплив різних факторів на редокспотенціал. Напрямок протікання реакцій окиснення-відновлення. Рівняння Нернста. Константа рівноваги окисно-відновної реакції та її зв'язок із стандартними потенціалами. Побудова кривих титрування та методи визначення кінцевої точки титрування. Індикатори методу, принцип їх дії. Індикаторні похибки. Перманганатометрія: первинні стандарти, особливості методу та сфери застосування. Дихроматометрія: особливості методу та застосування. Йодометрія: особливості методу та його застосування. Броматометрія: особливості методу та застосування.
 9. Комплексні сполуки в аналітичній хімії. Класифікація комплексних сполук та їх застосування в аналітичній хімії. Кількісна характеристика комплексних сполук (константи стійкості, функція утворення). Вплив комплексоутворення на розчинність маларозчинних сполук. Вимоги до реакцій комплексоутворення, які використовують у титриметрії. Меркуриметрія: індикатори методу та практичне застосування. Комплексонометрія. Особливості амінополікарбонових кислот. Способи комплексонометричного титрування. Металохромні індикатори та вимоги до них. Побудова кривих титрування в методі комплексонометрії. Практичне застосування методу.
 10. Оптичні методи аналізу. Спектр електромагнітного випромінювання та його основні характеристики. Спектри атомів і молекул. Основні і збуджені стани атомів і молекул. Спектральні лінії та їх характеристика. Атомно-емісійний аналіз. Джерела атомізації і збудження: електричний розряд, полум'я, індуктивно-зв'язана плазма. Фізичні та хімічні процеси в джерелах атомізації. Якісний і кількісний атомно-емісійний аналіз. Рівняння зв'язку та методи кількісного визначення. Атомно-абсорбційний аналіз. Теоретичні основи методу. Засоби атомізації. Джерела монохроматичного випромінювання та вимоги до них. Кількісний аналіз. Рівняння зв'язку. Гібридні і непрямі методи. Емісійна та атомно-абсорбційна фотометрія полум'я. Значення спектральних методів в аналізі об'єктів довкілля.
 11. Фотометричний аналіз. Основний закон світлопоглинання та межі його застосування. Молярний коефіцієнт поглинання та його значення. Реакції, які використовують у фотометричних методах та вимоги до них. Методи фотометрії. Сполучення фотометрії з титриметрією та екстракцією. Поняття про диференційну спектроскопію. Метрологічні характеристики фотометричних методів – чутливість, нижня межа визначуваних концентрацій, вибірковість, інтервал визначуваних вмістів. Фотометричні методи визначення Fe, Mn, Ni, Cu, Cr, Ti.
 12. Електрохімічні методи аналізу. Класифікація електрохімічних методів. Електрохімічна комірка. Рівноважні та нерівноважні електрохімічні системи. Явища, що виникають при проходженні струму (поляризація, омичний спад

- напруги). Поляризаційні криві. Рівноважний потенціал і потенціал розкладання. Перенапруга, види і значення.
13. Кулонометричний аналіз. Закони Фарадея. Пряма кулонометрія, кулонометричне титрування та його особливості. Метрологічні характеристики методу. Електрогравіметричний аналіз. Внутрішній електроліз. Електроліз з ртутним катодом.
 14. Кондуктометрія. Питома і еквівалентна електропровідності та зв'язок між ними. Кондуктометрія і кондуктометричне титрування. Реакції, що застосовуються в кондуктометрії. Застосування кондуктометрії.
 15. Потенціометричний аналіз. Класифікація і характеристика електродів. Іоноселективні електроди. Пряма потенціометрія та її особливості. Способи знаходження концентрацій. Іонометричний контроль об'єктів довкілля. Потенціометричне титрування. Застосування потенціометричного титрування для визначення фізичних констант.
 16. Вольтамперометрія. Класифікація методів. Класична полярографія. Полярограма, умови одержання і опис. Граничний дифузійний струм. Рівняння Ільковича. Якісний і кількісний полярографічний аналіз. Аналіз комплексних сполук. Сучасні різновиди вольтамперометрії: пряма і інверсійна, зміннострумова, імпульсна. Застосування інверсійної вольтамперометрії в аналізі об'єктів довкілля. Амперометричне титрування. Вибір потенціалу індикаторного електроду. Криві титрування, їх обробка і використання. Застосування амперометричного титрування.
 17. Основні об'єкти аналізу. Аналіз чистих речовин на домішки. Об'єкти довкілля, особливості аналізу. Відбір проб для аналізу. Репрезентативність проби. Відбір проб гомогенного та гетерогенного складу. Основні способи переведення проби у форму, необхідну для аналізу. Автоматизація аналізу.

ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

Особливості будови органічних сполук. Ізомерія і номенклатура. Поняття ізомерії. Класифікація органічних речовин за функціональними групами. Номенклатура. Октетна модель хімічного зв'язку. sp^3 -, sp^2 - і sp -гібридизації орбіталей атома вуглецю та розташування гібридних орбіталей у просторі. Фізичні характеристики одинарного та кратних зв'язків: довжина й енергія утворення. Електронні ефекти. Класифікація органічних реагентів та реакцій.

Вуглеводні

1. *Алкани*. Методи синтезу і хімічні властивості алканів. Радикальні реакції. Поняття про регіоселективні процеси. Фактори, які визначають селективність цих реакцій.

2. *Алкени*. Методи синтезу алкенів, реакції відщеплення (елімінування). Механізм та стереохімія реакцій елімінування. Правило Зайцева. *Цис-транс*-ізомерія. Відносна стійкість ізомерів. Якісні реакції на кратний зв'язок. Реакції електрофільного приєднання до алкенів. Регіоселективні реакції. Правило Марковникова. Стабільність карбокатионів та радикалів. Приєднання проти правила Марковникова. Окиснення і озоноліз алкенів. Реакції алкенів за участю алільного положення. Поняття про резонансні структури.

3. *Алкадієни*. Спряжені дієни, особливості будови та стереохімія, методи одержання. Специфічні властивості спряжених дієнів. 1,2- і 1,4-Приєднання до

спряжених дієнів. Кінетичний і термодинамічний контроль реакцій. Дієновий синтез.

4. *Алкіни*. Природа потрійного зв'язку, *sp*-гібридизація. Методи синтезу і хімічні властивості. Порівняльна характеристика реакційної здатності алкенів та алкінів. $\text{C}\equiv\text{N}$ -Кислотність ацетилену. Якісні реакції на термінальний потрійний зв'язок. Ацетиленіди та магнійорганічні похідні ацетилену. Електрофільне приєднання. Ди-, три- та тетрамеризація ацетилену.

5. *Фізичні методи дослідження та встановлення будови органічних сполук (ЯМР-, мас-, ІЧ-спектроскопія)*.

Функціональні похідні насичених вуглеводнів

1. *Галогенопохідні вуглеводнів*. Методи одержання: реакції приєднання, реакції заміщення. Будова полярного $\text{C}-\text{Hal}$ -зв'язку. Реакції заміщення атома галогену. Порівняння рухливості галогену в алільному та вінільному положеннях. Реакції нуклеофільного заміщення. Поняття про перехідні стани та інтермедіати реакцій. Реакції $\text{S}_{\text{N}}1$ та $\text{S}_{\text{N}}2$. Амбідентні нуклеофіли. Нуклеофільність та основність. Реакції елімінування, механізми $\text{E}1$ та $\text{E}2$. Поняття про конкурентні механізми. Синтез магнійорганічних сполук.

2. *Спирти. Етери і епоксиди*. Одержання спиртів. Утворення асоціатів, водневий зв'язок. Поняття OH -кислотності. Утворення алкоголятів. Алкоголяти як основи. Утворення етерів та естерів. Нуклеофільне заміщення гідроксилу. Кислотний катализ. Багатоатомні спирти. Етиленгліколь. Гліцерин. Якісні реакції на багатоатомні спирти. Промисловий синтез та застосування спиртів.

3. *Етери. Краун-етери. Епоксиди*. Одержання та властивості. Синтез Вільямсона. Правило розкриття епоксидного кільця.

4. *Альдегіди і кетони*. Методи одержання. Якісні реакції на альдегіди і кетони. Взаємодія з нуклеофільними реагентами. Відновлення і окиснення альдегідів і кетонів. Альдольно-кратонова конденсація. α,β -Ненасичені альдегіди і кетони як приклад полярної спряженої системи.

5. *Карбонові кислоти та їхні функціональні похідні*. Методи одержання. Будова карбоксилу. Реакційні центри карбонових кислот. Реакції карбонових кислот. Одержання солей. Одержання і властивості функціональних похідних кислот. Естери. Механізм естерифікації. Кислотний та основний гідроліз. Використання ангідридів і хлорангідридів як ацилюючих засобів. Нітрили та амідни. α,β -Ненасичені кислоти. Двохосновні кислоти, методи їх синтезу. Синтези на основі малонового естеру.

Гетерофункціональні сполуки

1. *Гідроксикислоти*. Структурна та оптична ізомерія. D- і L-ізомери. Методи одержання. Загальні властивості гідроксикислот. Відмінності у дегідратації α -, β - і γ -гідроксикислот. Лактиди, лактони.

2. *Альдегідо- і кетокислоти*. Методи одержання. Естерна конденсація. Ацетооцтовий естер. Кето-єнольна таутомерія. Натрійацетооцтовий естер. Кетонне та кислотне розщеплення ацетооцтового естеру та продуктів його алкілювання. Синтези на основі ацетооцтового естеру.

3. *Амінокислоти*. Методи одержання. Специфічні властивості амінокислот. Дикетопіперазини. Лактами. Якісні реакції амінокислот. Пептиди. Методи встановлення будови та синтезу поліпептидів. Гідроліз. Визначення N- і C-кінцевих груп амінокислот. Поняття «захисна група». Методи введення і зняття захисту. Білки. Загальна характеристика білкових молекул. Первинна, вторинна та третинна структура білків.

4. *Вуглеводи*. Моносахариди. Глюкоза. Фруктоза. Відновлюючі та невідновлюючі сахариди. Кільцево-ланцюгова таутомерія. Формули Фішера та Хеурса. Хімічні властивості моносахаридів. Дисахариди і полісахариди. Мальтоза, целобіоза, лактоза, сахароза. Полісахариди. Крохмаль, глікоген, клітковина (целюлоза). Штучні волокна на основі целюлози. Ацетатний шовк. Віскоза. Піроксилін.

5. *Металорганічні сполуки*. Реактиви Гриньяра. Одержання магнійорганічних сполук. Магнійорганічні сполуки як основи. Нуклеофільні властивості магнійорганічних сполук. Використання магнійорганічних сполук у синтезі.

6. *Аліциклічні вуглеводні*. Малі, середні та великі цикли. Спірани, конденсовані, місткові циклічні системи. Номенклатура. Ізомерія. Стабільність та енергія напруги в циклоалканах. Конформації малих, середніх та великих циклів. Хімічні властивості. Структурний взаємозв'язок ациклічних і циклічних терпенів.

Сполуки ароматичного ряду.

1. *Бензен та його гомологи*. Ароматичність. Хімічні властивості аренів. Реакції електрофільного заміщення в бензені. Електрофільні реагенти. Механізм реакцій електрофільного заміщення (S_E2). Правила орієнтації електрофільного заміщення монозаміщених бензену. Класифікація замісників. Узгоджена та неузгоджена орієнтація. Методи одержання і властивості алкілбензенів.

2. *Галогенопохідні ароматичних вуглеводнів*. Галогенування як процес електрофільного заміщення в ароматичному ядрі. Добування аренгалогенідів через ароматичні солі діазонію. Умови галогенування бензену в ароматичне ядро і бічний ланцюг. Порівняння рухливості галогену. Хімічні властивості арилгалогенідів. Механізми нуклеофільного заміщення: бімолекулярний (S_{NA2}), мономолекулярний (S_{NA1}), *кіне*-заміщення. Дегідробензен.

3. *Сульфокислоти та їхні похідні*. Одержання і властивості. Сульфонування бензену та його гомологів. Зворотність реакції. Особливості виділення та ідентифікації аренсульфокислот. Нуклеофільне й електрофільне заміщення сульфогрупи, десульфонування. Синтетичне використання сульфокислот. Сахарин.

4. *Нітросполуки*. Особливості нітрування заміщених бензенів. Нітруючі агенти. Фенілнітрометан. *Псевдо*-кислоти. Відновлення нітросполук у кислому та лужному середовищах. Продукти відновлення. Нітробензен, фенілгідроксиамін, анілін, азоксибензен, азобензен, гідразобензен. Парціальне відновлення динітробензенів

5. *Ароматичні аміни та діазосполуки*. Одержання ароматичних амінів. Порівняльна характеристика амінів жирного та жирно-ароматичного рядів. Основність та нуклеофільність ароматичних амінів. Реакції за участю аміногрупи. Вплив аміногрупи на властивості бензольного ядра. Реакції діазотування. Реакції діазосполук з виділенням азоту. Реакції ароматичних солей діазонію без виділення азоту. Азосполучення. Азосполуки. Азобарвники. Сульфамідні антибіотики.

6. *Феноли*. *Ароматичні альдегіди і кетони*. Одержання фенолів. Кислотно-основні властивості фенолів. Властивості гідроксили фенолів: порівняння властивостей фенолів і спиртів. Реакції заміщення в ядрі фенолу. Методи одержання і хімічні властивості ароматичних альдегідів та кетонів. Бензальдегід. Ацетофенон. Фенолоформальдегідні смоли.

7. *Ароматичні карбонові кислоти*. Добування. Реакції по карбоксильній групі та ароматичному ядру (реакції електрофільного заміщення). Синтез *пара*-амінобензойної кислоти та її біологічна активність. Фталева кислота. Використання в органічному синтезі. Фенолфталеїн. Індикаторні властивості.

8. *Багатоядерні та конденсовані ароматичні сполуки*. Багатоядерні ароматичні вуглеводні з неконденсованими ядрами. Барвники трифенілметанового ряду. Нафтален. Реакції електрофільного заміщення і приєднання в ряді нафталену. Окиснення та гідрування нафталену. Природні сполуки з конденсованими фрагментами (стероїди, абієтинова кислота, терпени). Поняття про канцерогенні речовини.

Гетероциклічні сполуки.

1. *Загальна характеристика гетероциклів*. Ароматичність п'яти- та шестичленних гетероциклів, вплив гетероатома. Порівняльна характеристика ароматичності бензену та гетероциклічних ароматичних сполук. П'ятичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Фуран, пірол, тіофен. Одержання і властивості. Порівняльна характеристика. Шестичленні гетероцикли з одним гетероатомом. Піридин. Будова піридину, вплив гетероатома на розподіл електронної густини в ядрі. Основність та нуклеофільність піридину. Реакції електрофільного заміщення. Нуклеофільне заміщення. Алкалоїди.

ФІЗИЧНА ХІМІЯ

1. Поняття системи. Параметри (властивості) системи. Стан системи. Функції стану системи. Рівняння стану ідеального газу. Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Процеси в системі, їх класифікація. Необоротні, оборотні, рівноважні та нерівноважні процеси. Шлях процесу. Нульовий закон термодинаміки. Енергія, теплота і робота. Теплота і робота як форми передачі енергії. Перший закон термодинаміки як аналітичний вираз закону збереження енергії. Внутрішня енергія, ентальпія і теплоємність. Тепловий ефект хімічних перетворень. Закон Гесса. Залежність теплового ефекту від температури, рівняння Кірхгофа.

Другий закон термодинаміки як основний постулат термодинаміки для опису асиметричних самочинних природних процесів. Ентропія та її зміна в різних процесах. Фундаментальне співвідношення Гіббса для відкритих систем. Характеристичні функції. Енергія Гельмгольца та енергія Гіббса, їх фізичний зміст та зміна в різних процесах. Хімічний потенціал, його визначення і розрахунок. Вираження рівноважного стану і направленості процесів за допомогою хімічного потенціалу.

2. Фазові рівноваги. Розчини. Парціальні мольні величини. Рівняння Гіббса-Дюгема. Фазові переходи першого і другого виду. Рівновага в гетерогенних системах. Правило фаз Гіббса. Діаграми стану одно-, дво- і трикомпонентних систем. Розчини як суміші речовин у різних фазових станах. Тиск насиченої пари над рідкими розчинами. Ідеальні та неідеальні розчини. Рівняння Рауля та Генрі. Азеотропні суміші. Закони Гіббса-Коновалова. Активність та коефіцієнт активності, методи їх визначення. Розчинність газів, рідин, твердих речовин. Зміна температури замерзання і підвищення температури кипіння розчинів. Кріоскопія і ебуліоскопія. Явище осмосу. Термодинаміка осмотичного тиску. Розділення рідких сумішей. Екстракція та перегонка.

3. Вчення про хімічну рівновагу. Закон діючих мас, його термодинамічний вивід. Спосіб вираження константи рівноваги і зв'язок між різними її видами. Хімічна рівновага в ідеальних і неідеальних системах. Використання енергії Гіббса для розрахунку константи хімічної рівноваги. Залежність константи хімічної рівноваги від температури. Рівняння ізобари та ізохори реакцій, їх термодинамічний вивід. Особливості термодинамічного аналізу стану хімічної рівноваги в гетерогенних системах.
4. Елементи статистичної та нерівноважної термодинаміки. Метод Гамільтона в класичній механіці. Узагальнюючі імпульси і координати. Фазовий або Г-простір. Функції розподілу. Розподіли Максвелла-Больцмана, Боса-Айнштайна та Фермі-Дірака. Статистичні вирази для основних термодинамічних функцій та їх розрахунок за статистичною сумою станів. Статистичний розрахунок ентропії та теплоємності для одно- та багатоатомних частинок. Розрахунок константи рівноваги методом статистичної механіки. Статистичне трактування третього закону термодинамікию Рівняння Больцмана.
Опис нерівноважних явищ. Н-теорема Больцмана і баланс ентропії. Необоротність і дисипація. Необоротні процеси і продукування ентропії. Залежність швидкості продукування ентропії від узагальнюючих потоків і сил. Стаціонарний стан системи і теорема Прігожина. Потоки при сумісній дії декількох сил. Співвідношення Онзагера та застосування їх в термодинаміці необоротних процесів.
5. Кінетика хімічних реакцій. Закон діючих мас. Кінетичні параметри хімічної системи: константа швидкості, порядок реакції, енергія активації, їх розрахунок. Кінетика простих та складних реакцій. Залежність швидкості хімічних реакцій від температури. Рівняння Арреніуса. Ланцюгові реакції з розгалуженням і без нього. Принцип квазістаціонарності і його застосування у кінетичному аналізі. Ланцюгові спалах і тепловий вибух. Фотохімічні реакції. Первинні та вторинні фотохімічні процеси. Квантовий вихід. Люмінесценція та фотосенсибілізація. Крива і поверхня потенціальної енергії хімічного перетворення. Перехідний стан. Теорія співударів в хімічній кінетиці. Розрахунок констант швидкості моно- та бімолекулярних реакцій в теорії активних зіткнень. Стеричний фактор. Метод перехідного стану (активованого комплексу). Статистичний розрахунок константи швидкості. і його походження. Застосування теорії активованого комплексу до опису тримолекулярних реакцій.
Кінетичний аналіз реакцій в розчині. Вплив іонної сили розчину на швидкість хімічних перетворень в розчині. Рівняння Б'єрума-Брьонстеда. Ефект Франка-Рабіновича ("клітковий" ефект).
6. Каталіз. Загальні принципи каталізу. Каталітична активність, її характеристика. Гомогенний каталіз. Кінетика реакцій загального кислотного каталізу. Каталіз комплексними сполуками перехідних металів. Автокаталітичні реакції. Детермінований хаос. Ферментативний каталіз. Кінетика і механізм ферментативних реакцій. Рівняння Міхаеліса-Ментен. Особливості гетерогенного каталізу. Дифузійна та кінетична області протікання гетерогенного каталітичного процесу. Теорії гетерогенного каталізу. Кислотні і основні каталітичні центри. Центри Льюїса і Брьонстеда. Роль сорбційних процесів у гетерогенному каталізі. Механізми Іллі-Ріділа і Легмюрама-Гіншельвуда.
7. Електрохімія. Загальна характеристика електрохімії. Електроліти. Основні положення теорії електролітичної дисоціації Арреніуса. Активність електролітів. Модель іонної атмосфери Дебая-Гюккеля. Зв'язок іонної сили розчинів

електролітів з коефіцієнтами активності. Нерівноважні явища в розчинах електролітів. Дифузійний і міграційний потоки. Питома і еквівалентна електропровідність. Рухливість іонів. Граничні рухливості. Числа переносу і методи їх визначення. Залежність рухливості, еквівалентної електропровідності і чисел переносу від концентрації розчину електроліту. Теорія Дебая-Гюккеля-Онзагера. Електрофоретичний і релаксаційний ефекти. Перший і другий ефекти Віна. Ефект Дебая-Фалькенгагена. Особливі випадки електропровідності електролітів.

Поняття електрохімічного та електродного потенціалів. Електрорушійна сила. Типи електродів та гальванічних елементів. Рівняння Нернста. Стандартний електродний потенціал. Подвійний електричний шар, моделі його будови. Електрокапілярні криві Ліппмана. Диференціальна та інтегральна ємність подвійного електричного шару.

Густина струму як міра швидкості електрохімічних реакцій. Теорія уповільненого розряду-іонізації. Рівняння Тафеля і Батлера-Фольмера.

Прикладна електрохімія. Електрохімічні виробництва металів та хімічних реагентів. Хімічні джерела струму. Первинні, вторинні та паливні елементи. Електрохімія і екологія. Моніторинг повітря води та ґрунту електрохімічними методами. Технологія очистки стічних вод, що містять іонізовані неорганічні і органічні шкідливі викиди. Хемотроніка – наука про запис, зберігання і відтворення інформації методами електрохімії. Корозія. Швидкість і механізм корозії. Захист металів від корозії.

МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ

1. Методика викладання хімії як наука і як навчальний предмет. Предмет та завдання методики викладання. Зв'язок МВХ з дидактикою, теорією виховання, психологією та навчальним предметом “Хімія”. Методи дослідження, які використовуються в методиці викладання хімії. Становлення та розвиток методики викладання хімії. Сучасний стан, правові та організаційні моменти викладання хімії в школі.
2. Зміст і побудова шкільного курсу хімії. Мета і завдання навчання хімії. Місце хімії в системі шкільної освіти. Зміст і структура шкільного курсу хімії. Науково-методичні основи побудови курсу. Компетентнісний підхід у формуванні змісту хімічної освіти. Програма з хімії як основний методичний документ і принципи її побудови. Структура і зміст навчальних програм з хімії. Відображення програм у шкільних підручниках і навчальних посібниках з хімії. Зв'язок хімії з іншими навчальними предметами. Політехнічний характер навчального предмета “хімія”. Різнопрофільні навчальні плани та диференціація навчання.
3. Принципи, методи і засоби навчання хімії. Загальні основи процесу навчання хімії і його характеристика. Дидактичні принципи навчання хімії. Система методів навчання хімії, їх класифікація, дидактичні та методичні особливості. Словесні, наочні та практичні методи. Пояснювально-ілюстративний, частково-пошуковий та дослідницький (евристичний) методи навчання хімії. Сучасні засоби навчання хімії, їх види та дидактичні функції. Підручник з хімії як засіб навчання, його структура, зміст, основні функції. Електронний підручник. Хімічна мова як засіб пізнання і навчання хімії. Основні функції та значення. Сучасна термінологія та номенклатура хімічних сполук.
4. Хімічний експеримент на уроках хімії. Пізнавальне значення, класифікація та

- дидактичні особливості. Демонстраційний і учнівський хімічний експеримент, лабораторні досліди та практичні заняття. Методика організації і проведення навчального хімічного експерименту.
5. Проблемне навчання на уроках хімії як засіб розвитку пізнавальної діяльності та індивідуальних творчих здібностей учнів. Встановлення навчальних проблем в хімії. Умови та способи створення проблемних ситуацій, рівні проблемності. Особливості використання проблемних ситуацій на уроках хімії.
 6. Організаційні форми навчання хімії в закладах середньої освіти. Урок як основна форма навчання хімії в школі. Класифікація уроків хімії за освітніми цілями і методами проведення. Типи уроків, їх структура та мета. Сучасні вимоги до уроків хімії. Самостійна робота учнів на уроках, домашні заняття. Інші організаційні форми навчання хімії: навчальні конференції, консультації, додаткові заняття. Використання лекційно-семінарської форми навчання у старших класах основної школи. Позакласна робота: хімічні гуртки, вікторини, екскурсії з хімії тощо. Форми поглибленого вивчення хімії в школі: спецкурси, факультативні заняття.
 7. Перевірка та оцінювання навчальних досягнень учнів з хімії. Роль та функції перевірки знань і вмінь учнів в процесі навчання. Види, методи та організаційні форми перевірки. Рівні та критерії оцінювання навчальних досягнень учнів з хімії. Облік результатів навчання. Рейтингування учнів за досягнутими результатами: переваги та недоліки, труднощі.
 8. Навчально-методична робота вчителя хімії. Завдання та види планування навчальної роботи з хімії. Річний календарний план, тематичне планування. Підготовка вчителя до уроку: складання планів-конспектів, моделювання уроків. Проведення уроку. Рецензування і аналіз уроків та інших видів занять з хімії. Обмін педагогічним досвідом: відкриті уроки, семінари, науково-практичні конференції, педагогічні читання, робота методичного об'єднання вчителів хімії. Наукова організація праці вчителя.
 9. Методика формування початкових хімічних понять в шкільному курсі хімії. Загально-методичні принципи формування початкових хімічних понять і теоретичних уявлень в хімії. Методика формування та засвоєння хімічних понять. Роль хімічної мови у формуванні початкових хімічних понять. Методика формування понять атомно-молекулярного вчення. Формування понять про основні класи неорганічних сполук, взаємозв'язок між ними, валентні можливості та ступені окиснення елементів. Засвоєння методів одержання простих речовин, їх взаємодії між собою та з кислотами, лугами, найважливішими окисниками. Оксиди, гідроксиди, їхні кислотно-основні властивості. Окисно-відновні властивості найважливіших речовин.
 10. Методика формування провідних теоретичних уявлень курсу хімії закладів середньої освіти. Вивчення найважливіших теорій і законів хімії у курсі хімії середньої школи. Методика формування теоретичної концепції періодичного закону та періодичної системи елементів. Система понять, що пов'язана з будовою атомів і систематикою хімічних елементів. Методичні підходи до вивчення хімічного зв'язку та будови речовини. Освітні та розвивальні завдання теми "Хімічний зв'язок. Будова речовин", використання опорних знань. Розвиток понять молекула, атомні, йонні та молекулярні кристали. Методика вивчення розчинів та основ теорії електролітичної дисоціації.
 11. Методика формування знань про основні класи неорганічних сполук. Значення та освітньо-виховні завдання вивчення основних класів неорганічних сполук.

Методичні підходи до вивчення оксидів, кислот, основ і солей. Послідовність навчального матеріалу та обсяг відомостей про основні класи неорганічних речовин у програмах з хімії. Етапи формування понять про основні класи неорганічних сполук та генетичні взаємозв'язки між ними в шкільному курсі хімії.

12. Формування системи знань про хімічні реакції в курсі хімії закладів середньої освіти. Основний зміст та структура системи понять про хімічну реакцію. Етапи формування та розвитку цих понять в шкільному курсі хімії. Формування знань про енергетику хімічних реакцій. Формування понять про швидкість та напрямленість хімічних реакцій, окисно-відновні реакції. Розвиток понять про кількісні відношення речовин у хімічних реакціях. Роль хімічного експерименту і технічних засобів навчання у формуванні знань про хімічні реакції.
13. Задачі у шкільному курсі хімії. Класифікація задач. Роль і місце розрахункових задач у шкільному курсі хімії. Методика складання і розв'язування розрахункових задач. Способи розв'язування. Експериментальні задачі як особлива форма практичної роботи на уроках хімії. Види експериментальних задач та способи розв'язання.
14. Вивчення хімії елементів у шкільному курсі хімії. Основні завдання та методичні особливості вивчення хімії елементів у закладах середньої освіти, зміст та обсяг навчального матеріалу у програмах з хімії. Методи та засоби вивчення специфічних властивостей металів і неметалів та їх сполук. Пізнавальне значення, техніка виконання та способи введення демонстраційного та лабораторного експерименту при вивченні хімії елементів.
15. Вивчення органічних речовин у шкільному курсі хімії. Освітні, пізнавальні та дидактичні завдання вивчення органічних речовин. Формування системи понять та методичні особливості вивчення класів органічних сполук. Електронна теорія хімічного зв'язку та методика розкриття суті взаємного впливу атомів у молекулах органічних речовин. Розвиток ідеї залежності властивостей від просторової та електронної будови молекул. Розвиток понять про хімічну реакцію в курсі органічної хімії. Методика організації розвивального та проблемного навчання під час вивчення будови та перетворень органічних речовин.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Телегус В.С., Бодак О.І., Заречнюк О.С., Кінжибало В.В. Основи загальної хімії. – Львів: Світ, 2000. – 423 с.
2. Гладисhevський Р.Є., Муць Н.М. Методичні рекомендації до самостійної роботи з дисципліни “Неорганічна хімія”. – Львів : Видавн. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2021. – 128 с.
3. Голуб А.М. Загальна та неорганічна хімія. – К.: Вища школа, 1971, Т. 2. – 414 с.
4. Степаненко О.М., Рейтер Л.Г., Ледовських В.М., Іванов С.В. Загальна та неорганічна хімія. Ч. I. Київ, Педагогічна преса, 2002, 18 с.; Ч. II. – К.: Педагогічна преса, 2000. – 783 с.
5. Неділько С.А., Попель П.П. Загальна й неорганічна хімія. Задачі та вправи. – К.: Либідь, 2001. – 398 с.
6. Слободяник М.С., Улько Н.В., Бойко К.М., Самойленко В.М. Загальна та неорганічна хімія. Практикум. – К.: Либідь, 2004. – 334 с.
7. Каличак Я.М., Кінжибало В.В., Котур Б.Я., Миськів М.Г., Сколоздра Р.В. Хімія. Задачі, вправи, тести. – Львів: Світ, 2001. – 175 с.
8. Стародуб П., Шпирка З., Муць Н., Ничипорук Г.; ред. Гладисhevський Р.Є. Перевір себе. Загальна хімія в задачах/ Навчальний посібник для студентів нехімічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Львів.: Поліграфія, 2009. – 216 с.
9. Стародуб П., Шпирка З., Муць Н., Ничипорук Г. Перевір себе 2 / Навчальний посібник для студентів нехімічних спеціальностей. – Львів: Видавн. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2012. – 221 с.
10. Кузьма Ю., Ломницька Я., Чабан Н. Аналітична хімія. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2001 – 298 с.
11. Зінчук В.К., Гута О.М. Хімічні методи якісного аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006 – 151 с.
12. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. Івана Франка. – 2008. – 363 с.
13. Дубенська Л. О., Тимошук О.С. Методичні рекомендації до самостійної роботи з дисципліни «Аналітична хімія» – Львів: Малий видавн. центр хімічн. та фізичн. факультетів ЛНУ імю. Івана Франка, 2012. – 126 с.
14. Обушак М.Д., Біла Є.Є. Органічна хімія. Частина 1. – Львів, 2004. – 204 с.
15. Обушак М.Д., Біла Є.Є. Органічна хімія. Частина 2. Навч. посібн. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка. – 2018. – 256 с.
16. Біла Є.Є., Обушак М.Д., Органічна хімія. Частина 3. – Львів, 2011. – 202 с.
17. Чирва В.Я., Ярмолюк С.М., Толкачова Н.В., Земляков О.Є. Органічна хімія. – Отава. 2009. – 996 с.
18. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. – Львів: Центр Європи, 2001. – 863 с.
19. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія. – К.: Вища школа, 1992. – 504 с.
20. Біла Є.Є., Обушак М.Д. Органічна хімія. Посібник для самостійної роботи. Частина 2. Навч. посібн. – Львів: Видавн. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2019. – 128 с.
21. Ковальчук Є.П., Решетняк О.В. Фізична хімія: Підручник. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 800 с.
22. Ковальчук Є.П., Яцишин М.М., Ковалишин Я.С. Речовина в інтерфазі. Фізична хімія тонких плівок. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка. 2005. – 242 с.

23. Стрижак П.Є. Детермінований хаос в хімії. – К.: Академперіодика, 2002. – 286 с.
24. Грабовий А.К. Шкільний курс хімії та методика його викладання: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2005. – 474 с.
25. Шиян Н. І. Шкільний курс хімії та методика його викладання: Навч. посіб. – Ч. 1. – Полтава, 2018. – 308 с.
26. Методика викладання шкільного курсу хімії: Посіб. для вчит. / За ред. Н.М. Буринської. – К.: Освіта, 1991. – 350 с.
27. Буринська Н.М. Викладання хімії у 8-9 класах загальноосвітньої школи: Метод. посіб. для вчит. – К.: ВТФ «Перун», 2000. – 144 с.
28. Буринська Н.М., Величко Л.П., Викладання хімії у 10-11 класах загальноосвітніх навчальних закладів: Метод. посіб. для вчит. – К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002, – 240 с.
29. Попель П.П. Хімія учителю. 7 – 8 кл.: Навч.-метод. посіб. – К.: ВЦ «Академія», 2009. – 168 с.
30. Попель П.П. Хімія учителю. 9 – 10 кл.: Навч.-метод. посіб. – К.: ВЦ «Академія», 2010. – 144 с.
31. Блажко О.А. Методика навчання хімії у старшій профільній школі: курс лекцій: Навч. посіб. для студ. хім. спец. вищ. пед. навч. закл. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. – 164 с.
32. Самойленко П.В. Методика навчання хімії: навч.-метод. комплект: навч. метод. посібн. – Чернігів: Десна Поліграф, 2020 – 320 с.
33. Шпирка З.М. Методика викладання хімії. Практикум. – Львів: Видавн. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2018. – 190 с.
34. Грабовий А.К. Хімічний експеримент і освітні технології у загальноосвітніх навчальних закладах: Методичний посібник для вчителів. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2008. – 196 с.
35. Павлюк О.В., Муць Н.М., Заремба О.І. Розрахункові задачі в шкільному курсі хімії. – Львів: Видавн. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2019. – 75 с.
36. Хімія. 7-9 класи. 10-11 класи. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів (затверджені наказами МОН України), Київ, 2017.
37. Хімія. 7-11 класи. Підручники з хімії для закладів середньої освіти. (рекомендовані МОН України за результатами конкурсних відборів, починаючи з 2017 року).