

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

Кафедра аналітичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хімічного факультету
доц. Дмитрів Г.С.

“ _____ ” _____ 2019 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

галузь знань: 10 Природничі науки
спеціальність: 102 Хімія
спеціалізація: Аналітична хімія
факультет: хімічний

Робоча програма навчальної дисципліни “Аналіз органічних речовин” для підготовки доктора філософії з природничих наук за спеціальністю 102 Хімія, 2019. – 27 с.

Розробники:

доцент кафедри аналітичної хімії, к.х.н., доцент Коркуна О.Я.,
доцент кафедри аналітичної хімії, к.х.н. Ридчук П.В.,

Програма затверджена на засіданні кафедри аналітичної хімії
Протокол № 1 від 29 серпня 2019 р.

Завідувач кафедри аналітичної хімії

_____ Л.О. Дубенська

Схвалено методичною комісією за спеціальністю «Хімія»
Протокол № 68 від 29 серпня 2019 року

Голова методичної комісії

_____ проф. М.Д.Обушак

Схвалено Вченою радою хімічного факультету
Протокол № 17 від 29 серпня 2019 р.

Голова Вченої ради хімічного факультету

_____ доц. Г.С. Дмитрів

1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни |
|-----------------------------------|--|---|
| Кількість кредитів – 3,0 | Галузь знань 10. Природничі науки | денна форма навчання дисципліна вільного вибору аспіранта |
| Модулів – 1 | Спеціальність 102 Хімія | Рік підготовки: 2-й |
| Змістових модулів – 3 | Спеціалізація: Аналітична хімія | Семестр: 4-й |
| Загальна кількість годин: 90 | | Лекції: 32 год |
| Тижневих годин: аудиторних – 3 | Освітньо-кваліфікаційний рівень – Доктор філософії | Практичні заняття: 16 год |
| самостійна робота – 2,6 | | Самостійна робота: 42 год |
| | | Вид контролю: екзамен |

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить **1,2:1**

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою і завданням навчальної дисципліни „Аналіз органічних речовин” є ознайомлення з теорією і практикою аналізу органічних речовин, із способами відбору та підготовки проб для аналізу органічних речовин, з основами і особливостями якісного (елементного та за функціональними групами) і кількісного хімічного (гравіметричного та титриметричного) аналізу органічних сполук, розділення сумішей органічних сполук, якісного та кількісного хроматографічного аналізу, спектральними методами встановлення структури органічних сполук (УФ-, ІЧ-, ЯМР- спектроскопія, мас-спектрометрія), а також оптичними та електрохімічними методами визначення органічних сполук.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Аналіз органічних речовин» є оволодіння методами аналізу органічних сполук, вміння застосовувати сучасні методи досліджень для встановлення будови органічної сполуки, ознайомлення з проблемами аналітичної хімії органічних речовин, а також розуміння особливою ролі метрологічної обробки результатів визначення їх слідових кількостей та засвоєння принципів вибору методу визначення органічних речовин залежно від конкретного об'єкту аналізу.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є методи аналізу органічних речовин – якісний елементний і груповий функціональний аналіз, кількісний аналіз хімічними методами, спектральні методи – УФ, ІЧ, ЯМР спектроскопія, мас-спектрометрія, хроматографічні методи розділення, концентрування та визначення сумішей органічних речовин, а також оптичні та електрохімічні методи аналізу органічних сполук.

В результаті вивчення цього курсу аспірант повинен

знати: правила техніки роботи в аналітичній лабораторії;

- основи відбору та підготовки проби об'єкту до аналізу органічних речовин;
- поняття ідентичності органічної сполуки, найважливіші фізико-хімічні константи і спектральні характеристики органічних сполук;
- методи якісного аналізу органічних сполук;
- методи кількісного аналізу органічних сполук;
- основні спектральні методи дослідження органічних сполук (УФ-, ІЧ-, ЯМР- спектроскопія, мас-спектрометрія).
- основні розрахунки, необхідні для обчислення результатів аналізу

вміти: одержати репрезентативну пробу або здійснити відбір проби для аналізу;

- сконцентрувати та відділити визначуваний інгредієнт при необхідності з досліджуваного об'єкту;
- вибрати метод аналізу органічних речовин спираючись на відомості про їх орієнтовний вміст та селективність доступних методів аналізу;
- визначати органічні компоненти хімічними, фізичними та фізико-хімічними методами аналізу;
- розрахувати вміст визначуваного інгредієнта за даними аналізу та провести статистичну обробку результатів аналізу;
- застосовувати спектральні методи дослідження для встановлення будови органічних сполук (УФ-, ІЧ-, ЯМР-спектроскопія, мас-спектрометрія).

Навчальний курс охоплює **3 кредити (90 год)**. Курс складається з 32 год лекційних занять, 16 год практичних занять та 42 год самостійної роботи. Тижневе навантаження аспіранта складає 3 год аудиторних занять та 2,625 год самостійної роботи.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності. Дисципліна вільного вибору аспіранта „Аналіз органічних речовин” є складовою циклу професійної програми підготовки доктора філософії у галузі аналітичної хімії та її застосування в аналізі органічних речовин.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ І.

«ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН»

ТЕМА 1. Методи аналізу органічних речовин. (1 год).

Лекція №1(а). Методи аналізу органічних речовин. Елементний аналіз. Функціональний аналіз.

Методи аналізу органічних речовин та їхнє завдання. Елементний аналіз. Функціональний аналіз. Якісний і кількісний аналіз. Відмінні риси аналізу органічних сполук від аналізу неорганічних речовин. Аналіз складних органічних сполук. Важливіші напрямки розвитку кількісного і якісного аналізу: мікрометоди, аналіз сумішей та однорідної речовини. Методи визначення високих і низьких вмістів органічних речовин та групового їх розділення. Проблема низької вибірковості більшості методів аналізу органічних речовин, які ґрунтуються на хімічних взаємодіях.

Завдання для самостійної роботи (3 год)

1. Якісний аналіз. Визначення карбону і гідрогену.
2. Якісне визначення нітрогену, сульфуру і галогенів методом Лассеня.
3. Якісне визначення нітрогену. Утворення берлінської блакиті. Утворення поліметинового барвника. Утворення роданідів.
4. Визначення сульфуру. Утворення сполуки з натрій нітроприсидом. Якісна реакція Фоля. Утворення плюмбум сульфідів. Утворення сульфатів.
5. Якісне визначення галогенів. Утворення галогенідів аргентуму. Роздільне визначення галогенів. Проба Бейльштейна. Визначення флуору.
6. Якісне визначення фосфору в органічних речовинах..
7. Кількісне визначення вмісту атомів карбону та гідрогену: макрометод Лібіха, мікрометод Прегля. Швидкісний метод Коршун. Мікрометод Клімової. Визначення карбону та гідрогену в органічних речовинах, що містять галогени, сульфур, фосфор, метали та інше елементи. Визначення декількох елементів з однієї наважки.
8. Кількісне визначення нітрогену. Метод Кьельдаля. Визначення нітрогену в нітро-, нітросо-, азо-, гідразо- і азокисполуках методом Кьельдаля. Кількісне визначення нітрогену за методом Дюма.
9. Кількісне визначення сульфуру. Визначення сульфуру в важколетких органічних сполуках за Лібіхом-Дю-Менилем. Визначення сульфуру в легколетких органічних реакціях. Визначення сульфуру окисненням калій перманганатом (метод Мельникова).
10. Кількісне визначення сульфуру. Макро і мікрометоди. Методи мокрого спалювання – Каріуса, Месінгера. Сухе спалювання речовини в трубці в тоці кисню або водню над каталізаторами. Метод Шонігера. Визначення сульфуру в сполуках, які містять С, Н, О, S, і С, Н, О, S, N, Hal. Метод Парра.
11. Кількісне визначення галогенів. Визначення хлору і броду методом окиснення калій біхроматом (метод Бобін'ї-Шавану). Визначення галогенів методом окиснення натрій пероксидом (метод Прингсгейма). Визначення галогенів за Степановим.
12. Визначення хлору в боковому ланцюзі ароматичних сполук (метод Шульце). Визначення галогену методом спалювання речовини в атмосфері кисню (метод Шонігера).
13. Кількісне визначення галогенів. Рухливість атому галогену в залежності від будови молекул. Методи визначення галогенів з різною реакційною здатністю. Метод Каріуса. Мікрометоди Шонігера, Лейперта. Визначення галогенів сухим спалюванням у трубці. Визначення йонного галогену.
15. Кількісне визначення оксигену. Метод Коршун – Гельман.
16. Кількісне визначення фосфору.

ТЕМА 2. Методи ідентифікації органічних речовин. (2 год)

Лекція №1(б). Визначення ідентичності органічних речовин за фізичними константами.

Основні задачі ідентифікації органічних речовин. Ідентифікація органічних речовин, раніше описаних у літературі та невідомих. Контроль чистоти та визначення ідентичності органічних речовин за фізичними константами: температурою топлення, температурою кипіння, питомою вагою, показником заломлення.

Лекція №2(а). Хроматографічні та спектральні методи ідентифікації органічних речовин.

Хроматографічні методи ідентифікації. Спектральні методи дослідження – ядерний магнітний резонанс, інфрачервона спектроскопія, спектроскопія в УФ- та видимій області.

Завдання для самостійної роботи (5 год)

1. Визначення вологи. Визначення вологи летких сполук. Метод Діна і Старка. Визначення за методом Фішера. Визначення вологи методом сушки і зважування.
2. Визначення золи. Сульфатна зола. Залишок після спалювання і прокалювання.
3. Визначення температури плавлення.
4. Визначення температури кипіння. Визначення фракційного складу.
5. Визначення температури затвердіння.
6. Визначення питомої ваги. Визначення питомої ваги за допомогою аерометра, пікнометра. Вага Вестфала.
7. Визначення розчинності.
8. Визначення в'язкості. Визначення абсолютної або динамічної в'язкості. Визначення відносної або кінематичної в'язкості. Визначення умовної в'язкості.
9. Тонкошарова хроматографія. Препаративна ТШХ. Аналітична ТШХ.
10. Основи спектрального аналізу. Методи визначення однієї речовини. Метод визначення за середнім значенням молярного коефіцієнта світлопоглинання.
11. Визначення температури спалаху і запалювання (займання).
12. Визначення молекулярної маси. Пряме визначення пониження тиску пари. Криоскопічний метод. Ебуліоскопічний метод. Камфорний метод (метод Раста). Ізотермічна перегонка.
13. Рефрактометрія. Визначення показника заломлення.
14. Визначення питомого обертання площини поляризації світла.

ТЕМА 3. Якісний та кількісний функціональний аналіз органічних сполук. (2 год)

Лекція №2(б). Якісний функціональний аналіз органічних сполук.

Підтвердження наявності кратних зв'язків сполуки (якісні реакції для підтвердження етиленових та ацетиленових зв'язків) та її ароматичності. Встановлення структури алкіл- та арилгалогенідів. Визначення оксо- та гідроксогруп (якісні реакції для виявлення спиртів, енолів, фенолів, альдегідів, кетонів та карбонових кислот). Визначення органічних сполук Нітрогену: ароматичних і аліфатичних нітросполук, амінів, нітрогеновмісних гетероциклічних сполук. Визначення органічних сполук Сульфуру: меркаптанів, сульфідів, дисульфідів, сульфонів, роданідів, сульфоокислот. Визначення вуглеводів: моноцукрів та дицукрів.

Практичне заняття 1 (2 год).

Методи елементного та функціонального аналізу органічних речовин, ідентифікація органічних речовин.

Лекція №3(а). Кількісний функціональний аналіз органічних речовин

Кількісне визначення числа подвійних зв'язків. Приєднання водню, галогенів і родану. Кількісне визначення альдегідів та кетонів методом оксимування, йодометричним методом. Кількісне визначення естерів. Число омилення.

Завдання для самостійної роботи (4 год)

1. Як проводиться функціональний аналіз органічних сполук:
 - a) Якісний та кількісний аналіз сполук, що містять подвійні і потрійні зв'язки.
 - b) Якісний і кількісний аналіз органічних сполук з гідроксильною групою.
 - c) Якісний та кількісний аналіз карбонільних сполук.
 - d) Якісний та кількісний аналіз карбоксильних сполук.
 - e) Якісний та кількісний аналіз S-вмісних сполук. Визначення сульфгідрильних сполук і сульфідів і дисульфідів.
 - f) Якісний і кількісний аналіз S-вмісних сполук. Визначення сульфоокислот, сульфінових кислот і сульфонамідів.
 - g) Якісний і кількісний аналіз N-вмісних сполук. Визначення аліфатичних і ароматичних нітросполук.
 - h) Якісний і кількісний аналіз N-вмісних сполук. Визначення аліфатичних і ароматичних амінів.
2. Визначення йодних чисел і вмісту ненасичених вуглеводнів. Аналіз олефінів.
3. Визначення кислотного числа. Визначення простих поліестерів. Визначення складних поліестерів.
4. Визначення гідроксильного числа.

ТЕМА 4. Методи визначення показників сумарного вмісту органічних речовин (3 год).

Лекція №3(б). Загальна характеристика методів визначення загальних показників сумарного вмісту органічних речовин. Визначення Карбону органічних сполук.

Загальна характеристика методів визначення загальних показників сумарного вмісту органічних речовин. Визначення втрат після пропікання. Визначення Карбону органічних сполук (“органічного Карбону”). Методи “мокрого” спалювання з використанням суміші окисників (CrO_3 і P_2O_5), калій персульфату. Метод сухого спалювання з кінцевим ІЧ-спектрометричним визначенням, “метановий” метод.

Лекція №4. Загальна характеристика методів визначення нітрогену, фосфору та сульфуру органічних сполук. Хімічне споживання кисню (ХСО). Фізичні методи визначення показників сумарного вмісту органічних речовин. Аналізатори органічних речовин.

Способи визначення нітрогену органічних сполук. Метод К’ельдаля. Визначення загального вмісту амінів, амідів, пептидів. Методи визначення органічного фосфору та сульфуру. Хімічне споживання кисню (ХСО). Визначення ХСО за допомогою калій дихромату та калій персульфату. Дихроматний арбітражний метод визначення ХСО. Потенціометричне та фотометричне визначення ХСО. Перманганатна окиснювальність, визначення методами Кубеля і Шульце. Біохімічне споживання кисню (БСО).

Фізичні методи визначення показників сумарного вмісту органічних речовин. Границі застосування і точність методів кількісного аналізу органічних сполук. Порівняльна характеристика різних методів. Сучасні методи кількісного визначення органогенів; принципи роботи різних аналізаторів.

Завдання для самостійної роботи (2 год)

1. Іменні реакції та методи в аналізі найбільш токсичних органічних забруднювачів довкілля.
2. Колбовий метод Шенігера для визначення галогенів та Сульфуру.
3. Визначення Іоду методом Лейпєрта.
4. Визначення елементів методом сплавлення з лужними реагентами в мікробомбі.
5. Визначення Силіцію.
6. Визначення Германію.
7. Визначення Бору.
8. Мікрометод визначення активного Гідрогену з метилмагнійїодидом.
9. Мікрометод визначення активного Гідрогену з літійалюмінійгідридом.
10. Порівняння можливості хімічних, фізичних та фізико-хімічних методів визначення сумарних вмістів органічних речовин.
11. Автоматичні аналізатори кількісного вмісту карбону, гідрогену, нітрогену, фосфору та сульфуру органічних сполук.

Практичне заняття 2 (2 год).

Кількісний функціональний аналіз органічних речовин. Методи визначення загальних показників сумарного вмісту органічних речовин.

ТЕМА 5. Хімічні методи визначення органічних речовин (6 год)

Лекція №5. Загальна характеристика гравіметричних та титриметричних методів визначення органічних речовин. Типи реакцій, що використовуються для прямого і непрямого титриметричного визначення органічних речовин.

Гравіметричні методи визначення великих вмістів органічних речовин. Основи, призначення, переваги та обмеження прямих і непрямих гравіметричних методів. Найважливіші неорганічні і органічні осаджувачі для гравіметричного визначення органічних речовин.

Прямі та непрямі титриметричні методи визначення вмісту органічних речовин. Спільні та реакції, які лежать в основі прямого титриметричного визначення органічних та неорганічних речовин: нейтралізації, заміщення, обміну, окисно-відновні, комплексоутворення. Реакції, які використовують тільки під час прямого титриметричного аналізу органічних речовин: приєднання, конденсації, заміщення водню, нітразування. Реакції, які використовують для непрямого титриметричного визначення органічних речовин: окисно-відновні, приєднання, гідролізу, іонного та іонно-молекулярного обміну, конденсації, заміщення водню, комплексоутворення, етерифікації та переетерифікації, реакції, що супроводжуються утворенням амідів, реакції деалкілювання (естерів), дегідратації, нітразування, обміну галогенів, декарбоксілювання, розщеплення S-S та C-S зв'язків.

Лекція №6. Кислотно-основне неводне титрування. Титрування за методом осадження та комплексонометрії в аналізі органічних сполук.

Формольне титрування (метод Серенсена) (первинні аліфатичні і ароматичні амінокислоти та їх солі). Неводне титрування органічних речовин, які виявляють кислотні властивості (феноли, карбонові кислоти, амінокислоти, сульфаніламід, барбітурати, і ін.) і органічних речовини основного характеру – похідні піразолону, піридину; основи різної структури – адреналін, норадреналін, гідротартрат.

Метод седиметрії при визначенні органічних речовин. Аргентометричне титрування, меркуретрія. Комплексонометрія. Застосування методу для аналізу і визначення елементоорганічних речовин, що містять іони магнію, калію, цинку, бісмуту, плюмбуму, алюмінію та ін. з використанням Трилону Б.

Практичне заняття 3 (2 год).

Гравіметричні та титриметричні методи визначення органічних речовин.

Лекція №7. Окисно-відновне титрування органічних речовин. Йодометрія, йодхлорометрія, броматометрія, нітретометрія.

Окисно-відновне титрування. Йодометричне титрування. Хімічний титриметричний метод визначення води - метод акваметрії (Метод Фішера). Нітретометричне титрування. Аналіз і кількісні визначення речовин, які містять первинну і вторинну ароматичні аміногрупи. Броматометричне титрування, бромометричне титрування. Непрямі методи броматометричного визначення (фенол, тимол, резорцин, саліцилова кислота). Йодхлорометрія. Кількісне визначення органічних сполук (феноли, сульфаніламід, похідні α -амінобензойної кислоти і інші первинні ароматичні аміни).

Завдання для самостійної роботи (5 год)

1. Гравіметричне визначення вмісту вологи в ЛЗ.
2. Гравіметричне визначають загальної та сульфатної золи.
3. Одночасне визначення масової частки вуглецю, водню і деяких гетероеlementів в органічних сполуках методом експрес-гравіметрії.
4. Розкрити суть алкаліметричного визначення органічних речовин за водень хлоридом. Роль органічного розчинника.
5. Розкрити суть ацидометричного визначення органічних речовин за натрій гідроксидом.
6. Застосування кислотно-основного титрування в змішаних розчинниках для визначення органічних речовин.
7. Сутність принципу неводного титрування та його застосування для визначення органічних речовин.
8. Суть методу бісмутетрії.
9. Методи окисно-відновного титрування, які застосовують для аналізу ліків органічного походження.

10. Суть йодатометричного титрування. Навести приклади визначень органічних речовин.
11. Визначення води напівмікрометодом К. Фішера. Автоматичні титратори.
12. Стандартні речовини та стандартні розчини титрантів у методі цериметрії. Визначення вмісту органічних речовин.
13. Окисно-відновні та діазотувальні властивості нітритної кислоти та натрій нітриту.

Типові завдання для контрольного опитування №1

1. Елементний аналіз органічних сполук. Визначення водню.
 1. Якісний елементний аналіз. Виявлення галогенів.
 2. Функціональний аналіз органічних сполук. Визначення спиртів.
 4. Застосування броматометрії для титриметричного визначення органічних речовин.

Тестові завдання

1. *Вибрати найбільш вичерпне твердження. Специфіка контролю вмісту органічних речовин зумовлена:*

- A* великим числом органічних поліютантів, широким інтервалом вмістів, дороговизною і складністю апаратури, чистотою наявних реагентів;
- B* великим числом органічних поліютантів, їх неконсервативністю, проблемою аналізу поліморфних модифікацій та ізомерів, широким інтервалом вмістів, дороговизною і складністю апаратури;
- C* наявністю токсичних речовин у пробі, проблемою аналізу поліморфних модифікацій та ізомерів, широким інтервалом вмістів, дороговизною і складністю апаратури;
- D* чутливістю методів аналізу, великим числом органічних поліютантів, їх неконсервативністю, дороговизною і складністю апаратури.

2. *Знайти неправильне твердження. За метою аналізу методи визначення органічних поліютантів у об'єктах довкілля поділяють на:*

- A* методи визначення загальних показників вмісту ОП;
- B* методи визначення сумарного вмісту ОП окремих класів;
- C* методи визначення індивідуальних ОП;
- D* інструментальні методи.

3. *На якому принципі ґрунтуються методи визначення групового вмісту органічних речовин?*

- A* за хімічною природою функціональних груп;
- B* за розчинністю сполук;
- C* за протолітичними властивостями;
- D* за складом гетероатомів.

4. *Через велику чисельність органічних речовин методи визначення конкретної органічної речовини зазвичай розробляють:*

- A* одразу після отримання синтетичної чи відкриття природної сполуки;
- B* за необхідності проведення контролю її вмісту в процесі проведення досліджень;
- C* після подій, що викликала тривогу в суспільстві чи спричинила трагічні наслідки;
- D* після знаходження практичного застосування сполуки.

5. *Які методи ідентифікації використовують для ідентифікації органічних поліютантів?*

- A* встановлення температури топлення чи кипіння;
- B* ІЧ-спектроскопію;
- C* вимірювання питомого показника заломлення;
- D* реакції на функціональні групи.

6. *Який з методів не використовують для визначення органічного карбону у воді?*

- A* метод сухого спалювання;
- B* метод мокрого спалювання;
- C* метановий метод;
- D* метод К'ельдаля.

7. *Яка сполука утворюється на останній стадії визначення нітрогену методом К'ельдаля.*

- A* NO_2 ;
- B* HNO_3 ;
- C* NH_4HSO_4 ;
- D* $\text{NH}_2\text{SO}_2\text{OH}$.

8. Як визначають вміст сульфуру органічних речовин:

A гравіметрично у вигляді фосфату;

B за різницею визначеного загального вмісту сульфату та вмісту вільного сульфату гравіметрично чи комплексонометрично;

C кондуктометрично;

D нефелометрично у вигляді сульфату.

9. При якому вмісті хлорид-іонів рекомендується визначати перманганатну окиснюваність у лужному середовищі за методом Шульце?

A >100 мг/л;

B <300 мг/л;

C >300 мг/л;

D при його відсутності.

10. Повне біохімічне споживання кисню визначають.

A протягом 5 діб;

B протягом 20 діб, але може бути і менше у момент появи у пробі NO_2^- в концентрації 0,1 мг/л;

C поки не зникне нітрит;

D протягом 20 діб.

11. Саліцилати широко застосовують у медицині як протизапальні засоби. Ідентифікацію саліцилової кислоти здійснюють за допомогою розчину:

A натрій нітриту;

B натрій гідроксиду;

C магній сульфату;

D ферум (III) хлориду;

E калій сульфату.

12. Відомо, що бензойна кислота має антисептичні властивості. Для її ідентифікації використовують:

A $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$;

B $[\text{NH}_4]_2\text{C}_2\text{O}_4$;

C FeCl_3 ;

D K_2CrO_4 ;

E KMnO_4 .

13. Провізор-аналітик лабораторії Державної інспекції з контролю якості лікарських засобів проводить ідентифікацію "Сульфаметоксазолу", додаючи до препарату розчини хлоридної кислоти, натрій нітриту та бета-нафтолу. При цьому утворюється інтенсивне червоне забарвлення. Вкажіть, на яку функціональну групу проводиться реакція.

A первинна ароматична аміногрупа;

B складноефірна група;

C сульфамідна група;

D карбоксильна група;

E альдегідна група.

14. Яким титриметричним методом визначають високі вмісти фенолів у водах?

A йодометрично;

B меркуриметрично;

C перманганатометрично;

D броматометрично.

15. Для визначення якого класу органічних полютантів у водах після екстракції та відгонки використовують гравіметрію?

A пестецидів;

B амінокислот;

C альдегідів;

D нафтопродуктів.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II.

«МЕТОДИ ВСТАНОВЛЕННЯ СТРУКТУРИ БУДОВИ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК»

ТЕМА 6. Спектральні методи встановлення будови органічних сполук. (7 год)

Лекція №8. Спектральні методи аналізу, їх класифікація. Електронна спектроскопія. Інфрачервона спектроскопія.

Спектральні методи аналізу, їх класифікація. Емісійна та абсорбційна спектроскопія. Енергетичний діапазон електромагнітного випромінювання. Рентгенівська, оптична (УФ, видима, ІЧ), мікрохвильова, радіочастотна (ЕПР, ЯМР) спектроскопії, характер збудженого стану атомів і молекул в різних енергетичних діапазонах.

Електронна спектроскопія. Фізичні основи електронної спектроскопії: електронна будова молекул і типи електронних переходів, положення та інтенсивність смуг поглинання, правила відбору. Класифікація смуг. Розчинники, які використовуються в електронній спектроскопії, їх класифікація, методи очищення. Взаємозв'язок електронних спектрів і структури органічних молекул: хромофори і ауксохроми, спряження хромофорів, неспецифічний і специфічний вплив розчинників, батохромний і гіпсхромний зсуви, гіпохромний і гіперхромний ефекти, класифікація смуг поглинання в електронних спектрах. Поглинання найважливіших ауксохромних і хромофорних груп. Вибіркове поглинання найважливіших ауксохромних і хромофорних груп: насичені гетероатомні ауксохроми, карбонільний хромофор, дієновий хромофор, еноловий хромофор, бензеновий хромофор, правила Вудворда-Фізера. Прицип роботи УФ-спектрофотометра. Умови вимірювання УФ-спектрів. Типи завдань і можливості УФ-спектроскопії стосовно елементоорганічних сполук: ідентифікація, кількісний аналіз, виявлення спряження. Приклади структурного аналізу ненасичених органічних сполук за спектром поглинання в ближній області УФ-спектра.

Інфрачервона спектроскопія. Фізичні основи методу: частота та інтенсивність поглинання в коливальних спектрах двохатомних молекул, основні коливання багатоатомних молекул. Взаємозв'язок інфрачервоних спектрів і структури органічних молекул: валентні і деформаційні коливання, характеристичність коливань і її фізичні причини, фактори, що викликають зсув смуг поглинання і зміну їх інтенсивності. Характеристичне поглинання найважливіших структурних фрагментів і функціональних груп органічних сполук: C–C, C = C, C≡C, C–C_{аром}, C–H_{сп}³, C–H_{сп}², C–H_{сп}, C–O, C–N, O–H, N–H, S–H, C=O, CHO, COOH, COOR, CONaI, NO₂, C≡N. Структурні області ІЧ спектра. Принципи віднесення смуг поглинання. Послідовність проведення структурного аналізу. Кількісна ІЧ-спектроскопія. Принцип роботи ІЧ-спектрометра. Умови вимірювання ІЧ-спектрів. ІЧ-спектрометри з перетворенням Фур'є. Типи завдань і можливості ІЧ-спектроскопії: віднесення смуг, зіставлення спектра і будови речовини, ідентифікація, функціональний аналіз.

Завдання для самостійної роботи (3 год)

1. Розшифрування УФ-спектрів складних органічних молекул.
2. УФ-спектри першого, другого, третього та четвертого порядків.
3. Принцип роботи сучасних спектрофотометрів.
4. Мультиплексні методи: спектрометрія з перетворенням Фур'є і спектрометрія з перетворенням Адамара.
5. Приклади структурного аналізу органічних сполук за ІЧ спектром (область 4000–650 см⁻¹).
6. Ідентифікація органічних речовин методом ІЧ спектроскопії в області «відбитків пальців».

Практичне заняття 4 (2 год).

Встановлення будови органічних речовин методами УФ та ІЧ спектроскопії.

Лекція №9. Ядерний магнітний резонанс. Спектроскопія ¹H ЯМР, ¹³C ЯМР, ³¹P ЯМР і ¹⁹F ЯМР. Кореляційна спектроскопія ЯМР. Ядерний ефект Оверхаузера.

Ядерний магнітний резонанс. Фізичні основи методу: магнітні властивості ядер, основне рівняння ядерного магнітного резонансу, взаємодії магнітних моментів ядер (тонка і надтонка структура сигналів ядер). Вибір резонансного ядра при вивченні будови органічних сполук. Принцип роботи ЯМР спектрометра, уявлення про Фур'є-перетворення, реєстрація спектрів. Критерій Найквіста, обробка FIDa, фазування, фолдінги. Поняття про хімічний зсув. Спін-спінова взаємодія. Аналіз спектрів ядерного магнітного резонансу ядер із квантовим числом I = 1/2: хімічна і магнітна еквівалентність ядер, номенклатура ядерних систем, A₂, AX, AB і A₂B

системи, індекс зв'язування, спектри першого і другого порядків, основні правила аналізу спектрів першого порядку, розшифровка найпростіших спектрів другого порядку, прийоми спрощення складних спектрів. Спектроскопія ^1H ЯМР: шкала хімічних зсувів протонів, їх характеристичність, закономірності в зміні значень хімічних зсувів; константи спін-спінової взаємодії $J_{\text{H-H}}$. Подвійний резонанс. Спектроскопія ^{13}C ЯМР: шкала хімічних зсувів ядер ^{13}C , їх характеристичність, закономірності в зміні значень хімічних зсувів, константи спін-спінової взаємодії $J_{\text{C-H}}$, повне і часткове придушення спін-спінової взаємодії ядер ^{13}C і протонів. Ядерний ефект Оверхаузера. Поняття про спектроскопії ядерного магнітного резонансу динамічних систем (обмінні процеси). Спектри ЯМР на ядрах ^{31}P і ^{19}F . Приготування зразків для ЯМР-спектроскопії. Ядерний ефект Оверхаузера (природа, практичні наслідки, гомо- і гетероядерні ефекти, техніка вимірювання, різницеві спектри, вимоги до зразків).

Лекція №10. Мас-спектрометрія. Методи іонізації сполук з високою молекулярною масою і високомолекулярних сполук. Основні типи реакцій розпаду органічних сполук під електронним ударом.

Мас-спектрометрія. Фізичні основи методу: принцип роботи мас-спектрометра, його роздільна сила, утворення мас-спектра, основне рівняння мас-спектрометрії, типи реєстрованих іонів (молекулярні, осколкові, метастабільні, багатозарядні). Класифікація мас-спектрометричних приладів. Поведінка заряджених частинок в електричних і магнітних полях: поздовжнє і поперечне електростатичне поле, поздовжнє і поперечне магнітне поле. Різні методи іонізації (електронний удар, хімічна іонізація, хімічна іонізація при атмосферному тиску, індуктивно-зв'язана плазма). Методи поділу і реєстрації іонів. Інтерпретація мас-спектрів, отриманих з використанням молекулярної брутто-формули по мас-спектру: метод точного вимірювання мас молекулярних іонів, метод вимірювання інтенсивностей піків іонів, ізотопних молекулярному іону. Якісні теорії мас-спектрометрії органічних сполук: теорія локалізації заряду, теорія стійкості продуктів фрагментації. Мас-спектрометричні правила: азотне, "парно-електронне", утруднений розрив зв'язків, прилеглих до ненасичених систем.

Основні типи реакцій розпаду органічних сполук під електронним ударом: простий розрив зв'язків (α -розрив, бензильний і алільний розриви), ретро-реакція Дільса-Альдера, перегрупування Мак-Лафферті, скелетні перегрупування, онієві реакції. Встановлення будови органічних сполук: метод функціональних груп, метод характеристичних значень M/z .

Практичне заняття 5 (2 год).

Застосування методів ядерного магнітного резонансу та мас-спектрометрії для визначення будови органічних речовин.

Лекція №11 (а). Тандемна мас-спектрометрія. Мас-спектрометрія з Фур'є перетворенням.

Тандемна мас-спектрометрія (варіанти зйомки спектрів метастабільних іонів і спектрів активації зіткненням всіх типів). Мас-спектрометрія з Фур'є перетворенням. Мас-спектрометрія високомолекулярних сполук і біомолекул (електророзпилення, матрично активована лазерна десорбційна іонізація). Використання баз даних та бібліотек мас-спектрів для структурного аналізу.

Завдання для самостійної роботи (4 год)

1. Спектроскопія ЯМР. Методики APT і ADEPT.
2. Кореляційна спектроскопія ЯМР (одновимірні і двовимірні, COSY, HMQC, HSQC, HMBC, INADEQUATE).
3. Основні напрямки фрагментації органічних сполук під електронним ударом (вуглеводнів і їх галогенпохідних, спиртів, фенолів, простих ефірів, альдегідів, кетонів, амінів, карбонових кислот та їх похідних).
4. Термічні реакції в мас-спектрометрії.
5. Методи іонізації сполук з високою молекулярною масою і високомолекулярних сполук (польова десорбція (FD), хімічна іонізація (CI), електроспрей (ES), матрична лазерна десорбційна іонізація (MALDI)).
6. Приклади фрагментації складних органічних сполук.
7. Приклади структурного аналізу органічних сполук за мас-спектром низького розділення.
8. Тандем-тандемна мас-спектрометрія.

Типові завдання для контрольного опитування №2

1. Фізико-хімічні основи методу УФ-спектроскопії: електронні стану молекул, класифікація електронних переходів в молекулах, правила відбору.
2. Взаємозв'язок електронних спектрів і структури органічних молекул: Хромофори і ауксохроми, пари хромофорів. Класифікація смуг поглинання в електронних спектрах.
3. Кольори сполук, правила Вудворда-Фізера, Степанова. Вплив розчинників в УФ-спектроскопії: батохромний і гіпсохромний зсув, гіпохромний і гіперхромний ефекти.
4. Фізичні основи методу ІЧ-спектроскопії: частота та інтенсивність поглинання в коливальних спектрах двохатомних молекул, основні коливання багатоатомних молекул.
5. Взаємозв'язок інфрачервоних спектрів і структури органічних молекул: валентні і деформаційні коливання, характерично коливань і її фізичні причини, фактори, що викликають зсув смуг поглинання і зміна їх інтенсивності.
6. Характеристичне поглинання найважливіших структурних фрагментів і функціональних груп органічних сполук.
7. Фізичні основи методу ЯМР-спектроскопії: магнітні властивості ядер, основне рівняння ядерного магнітного резонансу, взаємодії магнітних моментів ядер.
8. Спектроскопія ^1H ЯМР: шкала хімічних зрушень (зсувів) протонів, їх характерично, закономірності в зміні значень хімічних зрушень; константи спін-спінової взаємодії $J_{\text{H-H}}$.
9. Спектроскопія ^{13}C ЯМР: шкала хімічних зсувів ядер ^{13}C , їх характерично, закономірності в зміні значень хімічних зрушень, константи спін-спінової взаємодії $J_{\text{C-H}}$, повне і часткове придушення спін-спінової взаємодії ядер ^{13}C і протонів.
10. Фізичні основи методу мас-спектроскопії: принцип роботи мас-спектрометра, його роздільна сила, отримання мас-спектра, основне рівняння мас-спектрометрії, типи реєстрованих іонів.
11. Методи іонізації в мас-спектрометрії. Методи поділу і реєстрації іонів.
12. Основні типи реакцій розпаду органічних сполук під електронним ударом.
13. Мас-спектрометричні правила: азотне, "парному-електронне", утруднений розрив зв'язків.
14. Основи теорії спектроскопії ЯМР.
15. Хімічний зсув. Спін-спінова взаємодія.
16. Імпульсні спектрометри ЯМР
17. Методики АРТ і АДЕРТ.
18. Двовимірна спектроскопія ЯМР.
19. Методи розшифровки спектрів ЯМР і їх зв'язок з хімічною і просторовою структурою молекул.
20. Прояв динамічних процесів в спектрах ЯМР.
21. Розрахунок енергетичних параметрів динамічних процесів методом ЯМР.
22. Що таке часи релаксації.
23. Застосування рідкокристалічних розчинників для встановлення структури біомолекул.
24. Основи теорії спектроскопії ЕПР.
25. Реєстрація радикалів, надтонке розщеплення.
26. Спінові мітки в біомолекулах.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ III.

«ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН»

ТЕМА 7. Оптичні методи визначення органічних речовин (2 год)

Лекція №11 (б). Спектрофотометричні та люмінесцентні методи визначення органічних речовин.

Фотометричні та спектрофотометричні методи визначення органічних сполук. Люмінесцентні та хемілюмінесцентні методи визначення органічних сполук.

Лекція №12 (а). Екстракційно-фотометричні методи визначення органічних речовин.

Екстракційно-фотометричне розділення та визначення малих вмістів органічних речовин у складних матрицях.

Завдання для самостійної роботи (4 год)

1. Застосування спектрофотометрії у визначенні констант протолізу органічних речовин. Вплив зовнішніх факторів на значення констант протолізу.
2. Дослідження оптичної активності органічних молекул. Застосування в аналізі.
3. Основні типи реакцій, що застосовують в фотометричному аналізі органічних сполук:
 - а) реакції утворення азосполук;
 - б) реакції утворення хінонімінових похідних;
 - в) реакції утворення поліметинових похідних;
 - г) окисно-відновні перетворення з утворенням забарвлених речовин;
 - д) реакції конденсації з карбонільними похідними;
 - е) реакції комплексоутворення з неорганічними реагентами.

ТЕМА 8. Електрохімічні методи аналізу органічних сполук. (3 год)

Лекція №12 (б). Методи дослідження електрохімічних реакцій органічних сполук.

Електросинтез нових аналітичних форм органічних сполук.

Методи дослідження електрохімічних реакцій органічних сполук. Вольтамперометрія. Кулонометрія. Потенціометрія. Зв'язок вольтамперометричних характеристик з будовою молекул органічних речовин. Електросинтез нових аналітичних форм органічних сполук на катоді та аноді за допомогою реакцій окиснювального чи відновного сполучення, реакцій розщеплення, реакцій анодного заміщення та фторування.

Практичне заняття 6 (2 год).

Оптичні та електрохімічні методи аналізу органічних речовин.

Лекція №13. Дослідження механізмів реакцій електрохімічного перетворення органічних речовин із різними електрохімічно-активними групами. Використання електрохімічних методів для якісного та кількісного визначення органічних речовин.

Дослідження механізмів реакцій електрохімічного перетворення органічних речовин із різними електрохімічно-активними групами. Використання вольтамперометрії та потенціометрії для якісного та кількісного визначення органічних речовин. Можливості непрямого визначення органічних речовин електрохімічними методами (амперометричне, кулонометричне та потенціометричне титрування).

Завдання для самостійної роботи (4 год)

1. Амперометричне титрування органічних речовин за потенціалів окиснення.
2. Використання сенсорів у біоелектрохімічних дослідженнях:
 - а) потенціометричні біосенсори;
 - б) амперометричні біосенсори;
 - в) застосування кремнієвих напівпровідників у біоелектросенсориці. Польові транзистори.
3. Електрохімічний імуноаналіз: основні способи здійснення і застосування в аналізі.
4. Електрохімічний синтез аналітичних форм на поверхні та в об'ємі електрода.
5. Вольтамперометричний аналіз біологічно активних органічних речовин:
 - а) вольтамперометричні методи визначення антибіотиків;
 - б) вольтамперометричні методи визначення вітамінів;
 - в) вольтамперометричні методи визначення гормонів та їх аналогів;
 - г) вольтамперометричні методи визначення алкалоїдів
6. Якісний та кількісний вольтамперометричний аналіз основних функціональних груп та дослідження механізмів їх електрохімічного перетворення:
 - а) оксигенвмісні функціональні групи (-OH, -CHO, -CO-, -COOH);
 - б) нітрогенвмісні функціональні групи (-NH₂, -NH-NH-, -N=N-, -NH₂OH, =N-OH, -NO, -NO₂);
 - в) сульфурвмісні функціональні групи.
 - г) п'яти- та шестичленні гетероциклічні сполуки.

ТЕМА 9. Хроматографічні методи розділення, концентрування та визначення органічних речовин. (4 год)

Лекція №14. Хроматографічні методи розділення, концентрування та визначення органічних речовин: газова хроматографія, іонообмінна хроматографія, високоефективна рідинна хроматографія, тонкошарова та паперова хроматографія.

Хроматографічні методи розділення, концентрування та визначення органічних речовин. Використання рідинної хроматографії, газової хроматографії, іонообмінної хроматографії, ексклюзивної хроматографії, гель-хроматографії, високоефективної рідинної і тонкошарової та паперової хроматографії в органічному аналізі. Особливості якісного і кількісного аналізу органічних речовин різними хроматографічними методами.

Практичне заняття 7 (2 год).

Використання сучасних різновидів хроматографічних методів в аналізі органічних речовин.

Лекція №15. Комбіновані та гібридні хроматографічні методи (ГХ-МС, ВЕРХ-МС та ін.). ІЧ-спектрометрія та поєднання її з газорідинною хроматографією.

Застосування комбінованих і гібридних методів (ГХ-МС, ВЕРХ-МС та інших). ІЧ-спектрометрія та поєднання її з газорідинною хроматографією.

Завдання для самостійної роботи (3 год)

1. Схема вибору методу рідинної хроматографії для визначення органічних поллютантів.
2. Екстаційна ефективність розчинників за параметрами розчинності Гільдебранда і Хансена.
3. Застосування твердофазної мікроекстракції в хроматографічних методах визначення органічних речовин.
4. Застосування дериватизації органічних речовин в хроматографічному аналізі. Класифікація методів дериватизації органічних речовин.
5. Очищення органічних сполук після їх хроматографічного вилучення. Вибір матеріалів та методів для очищення аналітів залежно від природи аналіту та природи матриці.
6. Підготовка розчинників для ВЕРХ та ВЕРХ.

ТЕМА 10. Характеристика вмісту органічних речовин у конкретних об'єктах, вибір методу їх аналізу та оцінка надійності отриманих результатів. (2 год)

Лекція №16. Характеристика конкретних об'єктах, в яких проводять визначення вмісту органічних речовин. Вибір методу визначення органічних речовин та оцінка надійності отриманих результатів.

Характеристика вмісту органічних речовин у об'єктах довкілля: атмосфері, ґрунті, поверхневих водах, продуктах харчування; лікарських засобах та ін. Особливості вибору методу аналізу органічних речовин. Відбір проби та підготовка зразків для визначення в них органічних сполук. Проведення визначення вмісту органічної речовини та отримання аналітичного сигналу. Визначення вмісту органічних речовин вибраним методом та оцінка надійності отриманих результатів використовуючи методи статистичної обробки отриманих результатів аналізу.

Завдання для самостійної роботи (5 год)

1. Особливості пробовідбору та пробопідготовки об'єктів довкілля (повітря, ґрунти, поверхневі води) для визначення в них органічних сполук.
2. Застосування методів аналітичного контролю лікарських засобів, залежно від вмісту діючої речовини.
3. Особливості аналізу вмісту харчових добавок, залежно від їх вмісту та складності матриці харчових продуктів.
4. Фактори впливу та критерії вибору методу аналізу вмісту органічних речовин, залежно від їх будови та властивостей, вмісту та складу матриці аналізованого об'єкта.
5. Можливості аналітичних методів аналізу за їх можливістю визначати певні класи органічних сполук.
6. Оцінка надійності та статистична обробка результатів аналізу.
7. Процедура валідації нової аналітичної методики визначення.

Практичне заняття 8 (2 год).

Критерії вибору методу визначення органічних речовин в складних об'єктах та оцінка надійності отриманих результатів.

Типові завдання для контрольного опитування №3

1. Спектрофотометричні методи визначення органічних сполук.
2. Використання реакції утворення азосполук для визначення органічних речовин.
3. Окисно-відновні перетворення органічних сполук, що ведуть до отримання забарвлених продуктів.
4. Використання реакції конденсації з карбонільними похідними для визначення органічних речовин.
5. Електрохімічні методи: використання вольтамперометрії в аналізі органічних речовин.
6. Електрохімічні методи: використання потенціометрії в аналізі органічних речовин.
7. Використання потенціометричних сенсорів у біоелектрохімічних дослідженнях.
8. Електрохімічний синтез аналітичних форм на поверхні та в об'ємі електрода.
9. Якісний та кількісний вольтамперометричний аналіз оксигенвмісних функціональних груп (-ОН, -СНО, -СО-, -СООН) та дослідження механізмів їх електрохімічного перетворення.
10. Якісний та кількісний вольтамперометричний аналіз нітрогенвмісних функціональних груп (-NH₂, -NH-NH-, -N=N-, -NH₂ОН, =N-ОН, -NO, -NO₂) та дослідження механізмів їх електрохімічного перетворення.
11. Якісний та кількісний вольтамперометричний аналіз сульфурвмісних функціональних груп та дослідження механізмів їх електрохімічного перетворення.
12. Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ) в аналізі лікарських засобів та об'єктів довкілля.
13. Газова хроматографія в аналізі органічних речовин.
14. Способи визначення нафтопродуктів.
15. Методи визначення альдегідів.
16. Методи визначення фенолів.
17. Контроль вмісту фосфорорганічних пестицидів
18. Контроль вмісту хлорорганічних пестицидів.
19. Синтетичні поверхнево-активні речовини (катіоноактивні, аніоноактивні, неіоногенні препарати) та методи їх визначення.

Тестові завдання

1. Як фотометрично визначають сумарний вміст карбонільних сполук?

A з хромотроповою кислотою у сильноокислому середовищі;

B за реакцією конденсації з фурфуролом;

C з 2,4-динітрофенілгідразином у присутності кислоти як каталізатора при кип'ятінні;

D з диметиламіноантипірином.

2. З яким реагентом фотометрично визначають формальдегід у лужному середовищі?

A хромотроповою кислотою;

B гідрохлорид фенілгідразином;

C фурфуролом;

D 4-аміноантипірином.

3. Як визначають нафтопродукти у водах методом ТШХ?

A рухома фаза етиловий спирт і вода, проявлення хроматограми в УФ світлі при 254 нм;

B рухома фаза хлороформ, проявлення хроматограми в УФ світлі при 254 нм;

C рухома фаза петролейний ефір або гексан, проявлення хроматограми насичуючи парами йоду;

D рухома фаза петролейний ефір та діетиловий ефір, проявлення за реакцією з нінгідринном.

4. У вигляді яких сполук визначають катіонні та аніонні поверхнево-активні речовини фотометрично після їх екстракції хлороформом?

A хелатних комплексів;

B продуктів конденсації;

C різнометальних комплексів;

D іонних асоціатів.

5. Якими методами визначають хлорорганічні пестициди:

A методом газової хроматографії та спектрофотометрії;

B методом тонкошарової хроматографії та вольтамперометрії;

C методом газової хроматографії та кулонометрії;

D методом тонкошарової хроматографії та ІЧ-спектроскопії.

Теми рефератів на вибір:

1. Газова хроматографія в аналізі органічних речовин природних та стічних вод.
2. Рідинна хроматографія в аналізі органічних речовин природних та стічних вод.
3. Методи визначення фенолів в об'єктах довкілля.
4. Методи визначення альдегідів в об'єктах довкілля.
5. Методи визначення нафтопродуктів в об'єктах довкілля.
6. Фотометричні методи для визначення органічних забруднювачів вод.
7. Електрохімічні методи при визначення органічних забруднювачів.
8. Методи визначення хлорорганічних пестицидів.
9. Методи визначення фосфорорганічних сполук.
10. Методи визначення поліциклічних ароматичних вуглеводнів.
11. Методи визначення карбонових кислот.
12. Методи визначення амінів.
13. Методи визначення галогенпохідних вуглеводнів.
14. Застосування ІЧ-спектрометрії при аналізі органічних полютантів.
15. Люмінесцентні та хемілюмінесцентні методи визначення органічних забруднень.
16. Екстракційно-фотометричне визначення органічних забруднень.

Перелік запитань на іспит

1. Методи аналізу органічних речовин та їхнє завдання.
2. Функціональний аналіз та його завдання.
3. Елементний аналіз органічних речовин.
4. Відмінні риси аналізу органічних сполук від аналізу неорганічних речовин.
5. Важливіші напрямки розвитку кількісного і якісного аналізу: мікрометоди, аналіз сумішей та однорідної речовини.
6. Якісний аналіз. Визначення карбону і гідрогену.
7. Кількісне визначення нітрогену. Метод Кьельдаля.
8. Якісне визначення нітрогену, сульфуру і галогенів методом Лассеня.
9. Якісне визначення сульфуру. Утворення сполуки з нітропрусидом натрію.
10. Якісне визначення сульфуру за реакцією Фоля.
11. Якісне визначення сульфуру: утворення сульфідів свинцю та сульфатів.
12. Основні задачі ідентифікації органічних речовин.
13. Контроль чистоти та визначення ідентичності органічних речовин за фізичними константами.
14. Ідентифікація органічних речовин хроматографічними методами.
15. Визначення вологи. Метод Фішера.
16. Визначення температури плавлення.
17. Визначення температури кипіння. Визначення фракційного складу.
18. Рефрактометрія. Визначення показника заломлення.
19. Визначення питомого обертання площини поляризації світла.
20. Підтвердження наявності кратних зв'язків сполуки (якісні реакції для підтвердження етиленових та ацетиленових зв'язків).
21. Встановлення структури алкіл- та арилгалогенідів.
22. Якісне визначення оксо- та гідроксогруп (якісні реакції для виявлення спиртів, енолів, фенолів).
23. Якісне визначення оксо- та гідроксогруп (якісні реакції для виявлення альдегідів, кетонів та карбонових кислот).
24. Визначення органічних сполук Нітрогену: ароматичних і аліфатичних нітросполук, амінів.
25. Визначення органічних сполук Сульфуру: меркаптанів, сульфідів, дисульфідів, сульфонів, роданідів, сульфокислот.
26. Загальна характеристика методів визначення загальних показників сумарного вмісту органічних речовин. Визначення втрат після пропікання.
27. Метод сухого спалювання з кінцевим ІЧ-спектрометричним визначенням.
28. Методи "мокрого" спалювання з використанням суміші окисників (CrO_3 і P_2O_5).
29. Визначення загального вмісту амінів, амідів, пептидів.

30. Методи визначення органічного фосфору.
31. Хімічне споживання кисню (ХСО). Визначення ХСО за допомогою калій дихромату та калій персульфату.
32. Дихроматний арбітражний метод визначення ХСО.
33. Перманганатна окиснювальність, визначення методами Кубеля і Шульце.
34. Біохімічне споживання кисню (БСО).
35. Гравіметричні методи визначення великих вмістів органічних речовин.
36. Найважливіші неорганічні і органічні осаджувачі для гравіметричного визначення органічних речовин.
37. Основи, призначення, переваги та обмеження прямих і непрямих гравіметричних методів.
38. Прямі та непрямі титриметричні методи визначення вмісту органічних речовин.
39. Спільні та реакції, які лежать в основі прямого титриметричного визначення органічних та неорганічних речовин: нейтралізації, заміщення, обміну, окисно-відновні, комплексоутворення.
40. Реакції, які використовують тільки під час прямого титриметричного аналізу органічних речовин: приєднання, конденсації, заміщення гідрогену, нітрузування.
41. Неводне титрування органічних речовин, які виявляють кислотні властивості (феноли, карбонові кислоти, амінокислоти, сульфаніламід).
42. Неводне титрування органічних речовин, які виявляють основні властивості (похідні піразолону, піридину; основи різної структури).
43. Метод седиметрії при визначенні органічних речовин. Аргентометричне титрування.
44. Метод седиметрії при визначенні органічних речовин. Меркурометрія.
45. Комплексонометрія. Застосування методу для аналізу і визначення елементоорганічних речовин.
46. Йодометричне титрування. Хімічний титриметричний метод визначення води - метод акваметрії (Метод Фішера).
47. Нітритометричне титрування. Аналіз і кількісні визначення речовин, які містять первинну і вторинну ароматичні аміногрупи.
48. Броматометричне титрування, бромометричне титрування. Непрямі методи броматометричного визначення (фенол, тимол, резорцин, саліцилова кислота).
49. Йодхлорометрія. Кількісне визначення органічних сполук (феноли, сульфаніламід та інші первинні ароматичні аміни).
50. Електронна спектроскопія. Фізичні основи електронної спектроскопії: електронна будова молекул і типи електронних переходів, положення та інтенсивність смуг поглинання, правила відбору.
51. Взаємозв'язок електронних спектрів і структури органічних молекул: хромофори і ауксохроми, спряження хромофорів, неспецифічний і специфічний вплив розчинників, батохромний і гіпсхромний зсуви, гіпохромний і гіперхромний ефекти, класифікація смуг поглинання в електронних спектрах.
52. Рентгенівська, оптична (УФ, видима, ІЧ), мікрохвильова, радіочастотна (ЕПР, ЯМР) спектроскопії, характер збудженого стану атомів і молекул в різних енергетичних діапазонах.
53. Вибіркове поглинання найважливіших ауксохромних і хромофорних груп: насичені гетероатомні ауксохроми, карбонільний хромофор, дієновий хромофор, еноловий хромофор, бензеновий хромофор, правила Вудворда-Фізера.
54. Принцип роботи УФ-спектрофотометра. Умови вимірювання УФ-спектрів.
55. УФ-спектроскопії стосовно елементоорганічних сполук: ідентифікація, кількісний аналіз, виявлення спряження.
56. Інфрачервона спектроскопія. Фізичні основи методу: частота та інтенсивність поглинання в коливальних спектрах двохатомних молекул, основні коливання багатоатомних молекул.
57. Взаємозв'язок інфрачервоних спектрів і структури органічних молекул: валентні і деформаційні коливання, характеристичність коливань і її фізичні причини, фактори, що викликають зсув смуг поглинання і зміну їх інтенсивності.
58. Принципи віднесення смуг поглинання. Послідовність проведення структурного аналізу.

59. Кількісна ІЧ-спектроскопія. Принцип роботи ІЧ-спектрометра. Умови вимірювання ІЧ-спектрів. ІЧ-спектрометри з перетворенням Фур'є.
60. Типи завдань і можливості ІЧ-спектроскопії: віднесення смуг, зіставлення спектра і будови речовини, ідентифікація, функціональний аналіз.
61. Ядерний магнітний резонанс. Фізичні основи методу: магнітні властивості ядер, основне рівняння ядерного магнітного резонансу, взаємодії магнітних моментів ядер (тонка і надтонка структура сигналів ядер).
62. Вибір резонансного ядра при вивченні будови органічних сполук. Принцип роботи ЯМР спектрометра, реєстрація спектрів.
63. Поняття про хімічний зсув. Спін-спінова взаємодія. Аналіз спектрів ядерного магнітного резонансу ядер із квантовим числом $I = 1/2$: хімічна і магнітна еквівалентність ядер, номенклатура ядерних систем.
64. Основні правила аналізу спектрів першого порядку, розшифровка найпростіших спектрів другого порядку.
65. Спектроскопія ^1H ЯМР: шкала хімічних зсувів протонів, їх характеристичність, закономірності в зміні значень хімічних зсувів; константи спін-спінової взаємодії $J_{\text{H-H}}$.
66. Поняття про спектроскопії ядерного магнітного резонансу динамічних систем (обмінні процеси).
67. Особливості вибору методу аналізу органічних речовин. Відбір проби та підготовка зразків для визначення в них органічних сполук.
68. Характеристика вмісту органічних речовин у об'єктах довкілля: атмосфері, ґрунті, поверхневих водах, продуктах харчування; лікарських засобах та ін.
69. Визначення вмісту органічних речовин вибраним методом та оцінка надійності отриманих результатів використовуючи методи статистичної обробки отриманих результатів аналізу.
70. Особливості вибору методу аналізу органічних речовин. Відбір проби та підготовка зразків для визначення в них органічних сполук.
71. Приготування зразків для ЯМР-спектроскопії. Спектри ЯМР на ядрах ^{31}P і ^{19}F .
72. Ядерний ефект Оверхаузера (природа, практичні наслідки, гомо- і гетероядерні ефекти, техніка вимірювання, різницеві спектри, вимоги до зразків).
73. Мас-спектрометрія. Фізичні основи методу: принцип роботи мас-спектрометра, його роздільна сила, утворення мас-спектра, основне рівняння мас-спектрометрії, типи реєстрованих іонів (молекулярні, осколкові, метастабільні, багатозарядні).
74. Поведінка заряджених частинок в електричних і магнітних полях: поздовжнє і поперечне електростатичне поле, поздовжнє і поперечне магнітне поле.
75. Різні методи іонізації (електронний удар, хімічна іонізація, хімічна іонізація при атмосферному тиску, індуктивно-зв'язана плазма).
76. Методи поділу і реєстрації іонів. Інтерпретація мас-спектрів, отриманих з використанням молекулярної брутто-формули по мас-спектру: метод точного вимірювання мас молекулярних іонів, метод вимірювання інтенсивностей піків іонів, ізотопних молекулярному іону.
77. Якісні теорії мас-спектрометрії органічних сполук: теорія локалізації заряду, теорія стійкості продуктів фрагментації.
78. Основні типи реакцій розпаду органічних сполук під електронним ударом: простий розрив зв'язків (α -розрив, бензильний і алільний розриви), ретро-реакція Дільса-Альдера, скелетні перегрупування, онієві реакції.
79. Встановлення будови органічних сполук: метод функціональних груп, метод характеристичних значень M/z .
80. Тандемна мас-спектрометрія (варіанти зйомки спектрів метастабільних іонів і спектрів активації зіткненням всіх типів).
81. Мас-спектрометрія з Фур'є перетворенням.
82. Мас-спектрометрія високомолекулярних сполук і біомолекул (електророзпилення, матрично активована лазерна десорбційна іонізація). Використання баз даних та бібліотек мас-спектрів для структурного аналізу.
83. Фотометричні та спектрофотометричні методи визначення органічних сполук.
84. Люмінесцентні та хемілюмінесцентні методи визначення органічних сполук.

85. Екстракційно-фотометричне розділення та визначення малих вмістів органічних речовин у складних матрицях.
86. Методи дослідження електрохімічних реакцій органічних сполук. Вольтамперометрія. Кулонометрія. Потенціометрія.
87. Зв'язок вольтамперометричних характеристик з будовою молекул органічних речовин.
88. Електросинтез нових аналітичних форм органічних сполук на катоді та аноді за допомогою реакцій окиснювального чи відновного сполучення.
89. Дослідження механізмів реакцій електрохімічного перетворення органічних речовин із різними електрохімічноактивними групами.
90. Використання вольтамперометрії та потенціометрії для якісного та кількісного визначення органічних речовин.
91. Можливості непрямого визначення органічних речовин електрохімічними методами (амперометричне, кулонометричне та потенціометричне титрування).
92. Хроматографічні методи розділення, концентрування та визначення органічних речовин.
93. Використання рідинної хроматографії, газової хроматографії, іонообмінної хроматографії в органічному аналізі.
94. Використання високоефективної рідинної і тонкошарової та паперової хроматографії в органічному аналізі.
95. Особливості якісного і кількісного аналізу органічних речовин різними хроматографічними методами.
96. Застосування комбінованих і гібридних методів (ГХ-МС, ВЕРХ-МС та інших). ІЧ-спектрометрія та поєднання її з газорідинною хроматографією.
97. Особливості вибору методу аналізу органічних речовин у об'єктах довкілля: атмосфері, ґрунті, поверхневих водах, продуктах харчування; лікарських засобах та ін..
98. Відбір проби та підготовка зразків для визначення в них органічних сполук.
99. Оцінка надійності отриманих результатів визначення органічних речовин використовуючи методи статистичної обробки отриманих результатів аналізу.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| № теми | НАЗВИ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ І ТЕМ | Кількість годин | | | |
|---|---|-----------------|-----------|-----|-----------|
| | | л | п | лаб | ср |
| Змістовий модуль 1 | | | | | |
| Ідентифікація та хімічні методи аналізу органічних речовин | | | | | |
| 1. | Методи аналізу органічних речовин. | 1 | | | 3 |
| 2. | Методи ідентифікації органічних речовин. | 2 | | | 5 |
| 3. | Якісний та кількісний функціональний аналіз органічних сполук. | 2 | 2 | | 4 |
| 4. | Методи визначення показників сумарного вмісту органічних речовин | 3 | 2 | | 2 |
| 5. | Хімічні методи визначення органічних речовин | 6 | 2 | | 5 |
| Поточне контрольне опитування 1 | | | | | |
| Змістовий модуль 2 | | | | | |
| Методи встановлення структури будови органічних сполук | | | | | |
| 6. | Спектральні методи встановлення будови органічних сполук. | 7 | 2 | | 7 |
| Поточне контрольне опитування 2 | | | | | |
| Змістовий модуль 3 | | | | | |
| Інструментальні методи аналізу органічних речовин | | | | | |
| 7. | Оптичні методи визначення органічних речовин | 2 | 2 | | 4 |
| 8. | Електрохімічні методи аналізу органічних сполук. | 3 | 2 | | 4 |
| 9. | Хроматографічні методи розділення, концентрування та визначення органічних речовин | 4 | 2 | | 3 |
| 10. | Характеристика вмісту органічних речовин у конкретних об'єктах, вибір методу їх аналізу та оцінка надійності отриманих результатів. | 2 | 2 | | 5 |
| Поточне контрольне опитування 3 | | | | | |
| Захист реферату | | | | | |
| Всього | | 32 | 16 | | 42 |

5. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | К-сть год |
|-------|--|-----------|
| 1 | Методи елементного та функціонального аналізу органічних речовин, ідентифікація органічних речовин. | 2 |
| 2 | Кількісний функціональний аналіз органічних речовин. Методи визначення загальних показників сумарного вмісту органічних речовин. | 2 |
| 3 | Гравіметричні та титриметричні методи визначення органічних речовин. | 2 |
| 4 | Встановлення будови органічних речовин методами УФ ТА ІЧ спектроскопії. | 2 |
| 5 | Застосування методів ядерного магнітного резонансу та мас-спектрометрії для визначення будови органічних речовин. | 2 |
| 6 | Оптичні та електрохімічні методи аналізу органічних речовин | 2 |
| 7 | Використання сучасні різновидів хроматографічних методів в аналізі органічних речовин. | 2 |
| 8 | Критерії вибору методу визначення органічних речовин в складних об'єктах та оцінка надійності отриманих результатів. | 2 |

Теми завдань для самостійної роботи

| № з/п | Назва теми | К-сть год |
|-------|--|-----------|
| 1 | Якісний елементний аналіз. | 1 |
| 2 | Кількісний елементний аналіз. | 2 |
| 3 | Реакції виявлення функціональних груп органічних речовин. | 2 |
| 4 | Ідентифікація органічних речовин за фізичними константами. | 2 |
| 5 | Фізико-хімічні методи ідентифікації органічних речовин. | 1 |
| 6 | Загальні показники органічних речовин. Особливості їхнього визначення. | 2 |
| 7 | Кількісне визначення функціональних груп органічних речовин. | 2 |
| 8 | Методи аналітичного контролю показників сумарного вмісту органічних сполук (карбон, гідроген, нітроген, фосфор та сульфур) та їх автоматизація. | 2 |
| 9 | Особливості гравіметричного визначення органічних речовин. | 1 |
| 10 | Кількісне визначення органічних речовин титриметричними методами (протолітометрія, редоксиметрія, седиметрія, комплексометрія). | 4 |
| 11 | Особливості використання УФ спектроскопії у встановленні будови органічних речовин. | 1 |
| 12 | Застосування ІЧ спектроскопії для ідентифікації та кількісного визначення органічних речовин. | 2 |
| 13 | ЯМР спектроскопія органічних речовин: різновиди та умови проведення аналізу. | 2 |
| 14 | Різновиди методів мас-спектрометричного визначення органічних речовин. | 1 |
| 15 | Закономірності фрагментації складних молекул органічних речовин та розшифрування мас-спектрів. | 1 |
| 16 | Застосування спектрофотометрії у визначенні фізико-хімічних констант органічних речовин. | 1 |
| 17 | Основні типи реакцій, що застосовують в фотометричному аналізі різних класів органічних сполук. | 2 |
| 18 | Комбіновані та гібридні методи фотометричного аналізу. | 1 |
| 19 | Використання сенсорів у біоелектрохімічних дослідженнях. | 1 |
| 20 | Якісний та кількісний вольтамперометричний аналіз основних функціональних груп та дослідження механізмів їх електрохімічного перетворення. | 2 |
| 21 | Вольтамперометричний аналіз біологічно активних органічних речовин. | 1 |
| 22 | Вибір умов проведення хроматографічного визначення органічних речовин у методах ВЕРХ, ГХ та ТШХ: тип колонки, елюент, умови хроматографування, детекція тощо. | 3 |
| 23 | Особливості пробовідбору та пробопідготовки різних об'єктів для визначення в них органічних сполук. | 1 |
| 24 | Фактори впливу та критерії вибору методу аналізу вмісту органічних речовин, залежно від їх будови та властивостей, вмісту та складу матриці аналізованого об'єкта. | 2 |
| 25 | Валідації аналітичних методик визначення органічних речовин та оцінка надійності результатів аналізу. | 2 |

6. Методи контролю

Система контролю знань та умови складання іспиту. Навчальна дисципліна „Аналіз органічних речовин” оцінюється за модульно-рейтинговою системою за 100-бальною шкалою. Вона складається з 1 модуля та 3 змістових модулів.

Змістовий модуль 1

Максимальна кількість балів – **13** Передбачається проведення зі aspirантами **3** практичних занять на яких aspirант мусить хоч раз відповісти, написання **1** контрольного опитування на тему „Ідентифікація та хімічні методи аналізу органічних речовин”.

Виступ на семінарському занятті оцінюється у **7** балів,
написання контрольного опитування – **6** балів.

Доповідь на практичному занятті оцінюється:

- Часткове висвітлення питання – **4,5** бали;
- Повне висвітлення питання – **7** балів

Змістовий модуль 2

Максимальна кількість балів – **13** Передбачається проведення зі aspirантами **3** практичних занять на яких aspirант мусить хоч раз відповісти, написання **1** контрольного опитування на тему „Методи встановлення структури будови органічних сполук”.

Виступ на семінарському занятті оцінюється у **7** балів,
написання контрольного опитування – **6** балів.

Доповідь на практичному занятті оцінюється:

- Часткове висвітлення питання – **4,5** бали;
- Повне висвітлення питання – **7** балів.

Змістовий модуль 3

Максимальна кількість балів – **24** Передбачається проведення із aspirантами **3** практичних занять на яких aspirант мусить хоч раз відповісти, написання **1** контрольного опитування на тему „Інструментальні методи аналізу органічних речовин”.

Виступ на семінарському занятті оцінюється у **7** балів,
- написання контрольного опитування – **6** балів,
- написання та захист реферату – **11** балів (напиання – 4,5 бали, захист – 6,5 бали).

Доповідь на практичному занятті оцінюється:

- Часткове висвітлення питання – **4,5** бали;
- Повне висвітлення питання – **7** бали

7. Розподіл балів, що присвоюються aspirантам

| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | | | Іспит | Сума |
|---|----|----|----|----|--------------------|----|--------------------|----|-----|-------|------|
| Змістовий модуль 1 | | | | | Змістовий модуль 2 | | Змістовий модуль 3 | | | | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | | |
| 13 | | | | | 13 | | 24 | | | 50 | 100 |

Якщо за результатами модульно-рейтингового контролю aspirант отримав за три змістові модулі сумарну оцінку **менше ніж 30 балів (підсумкових)**, то він/вона не допускається до іспиту, оскільки не виконав усі види робіт, які передбачаються навчальним планом на семестр.

Оцінювання знань:

| Бал | ECTS | Оцінка | |
|--------|-----------|----------|---|
| 90-100 | A | 5 | Відмінно |
| 81-89 | B | 4 | Добре |
| 71-80 | C | | |
| 61-70 | D | 3 | Задовільно |
| 51-60 | E | | |
| 30-50 | FX | 2 | Можлива перездача іспиту Повторення всього курсу |
| 1-29 | F | | |

Рейтингова оцінка знань
з курсу “Аналіз органічних речовин”
(2 курс, IV семестр)

Загальна кількість годин - 90, з них лекцій – 32, практичних занять – 16.

Кількість кредитів за курс – 3,0.

Навчальна дисципліна поділяється на 3 змістові модулі, за перший та другий із яких аспірант може отримати 13 балів, а за третій аспірант може отримати 24 бали, а разом це 50 балів, які входять в 1 модуль, оцінений у 100 балів, які отримує аспірант, здавши екзамен.

| № | Модуль | Види контролю | К-ть видів | Сума балів |
|---|--|-------------------------------|------------|------------|
| 1 | Ідентифікація та хімічні методи аналізу органічних речовин | Виступ на практичному занятті | 1 | 4,5–7 |
| | | Контрольне опитування | 1 | 4–6 |
| 2 | Методи встановлення структури будови органічних сполук | Виступ на практичному занятті | 1 | 4,5–7 |
| | | Контрольне опитування | 1 | 4-6 |
| 3 | Інструментальні методи аналізу органічних речовин | Виступ на практичному занятті | 1 | 4,5–7 |
| | | Контрольне опитування | 1 | 4-6 |
| | | Захист реферату | 1 | 4,5–11 |

Рейтингова оцінка контролю знань аспірантів (у балах)

| № | Вид контролю | К-ть форм контролю | Межі балів | Сумарний бал |
|---|-----------------------------------|--------------------|------------|--------------|
| 1 | Виступ на практичному занятті | 3 | 4,5–7 | 13,5–21 |
| 2 | Контрольне опитування | 3 | 4–6 | 12–18 |
| 3 | Захит реферату | 1 | 4,5–11 | 4,5–11 |
| | Σ балів за всіма формами контролю | | | 30-50 |
| 4 | Іспит | | | ≤50 |
| | Загальна сума балів | | | 51–100 |

До екзамену допускають аспіранта, який набрав протягом вивчення курсу ≥ 30 балів. При отриманні відповідної суми балів аспірант претендує на певну оцінку:

| Бал | Шкала ECTS | Оцінка |
|--------|------------|------------------|
| 90-100 | A | відмінно |
| 81-89 | B | добре |
| 71-80 | C | |
| 61-70 | D | задовільно |
| 51-60 | E | |
| >30 | | допуск до іспиту |

Курс веде доц. Коркуна О.Я., доц. Ридчук П.В.

8. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Електронний конспект лекцій зі спецкурсу “Аналіз органічних речовин”.
2. Коркуна О.Я. Методичні рекомендації до самостійної роботи з дисципліни “Аналітичний контроль органічних забруднень довкілля” для студентів хімічного факультету / О.Я.Коркуна – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 88 с.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна:

1. Байерман К. Определение следовых количеств органических веществ. – М.: Мир, 1987. – 429 с.
2. Бейзер М., Лунда Х. Органическая электрохимия: в 2 т.; пер. с англ. / под ред. В. А. Петросяна, Л. Г. Феоктистова. – М.: Химия, 1988, 1024 с.
3. Берштейн И.Я., Каминский Ю.Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии.–Л.: Химия, 1986.–200 с.
4. Браун Д., Флойд А., Сейнзбери М. Спектроскопия органических веществ: Пер. с англ.– М.: Мир, 1992. – 300с.
5. Воловенко Ю. М., Туров О. В. Ядерний магнітний резонанс. К.: КНУ, 2008. – 480 с.
6. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В.В. Физические методы определения строения органических молекул. М.: Высшая школа, 1984. – 336 с.
7. Коренман И.М. Фотометрический анализ. Методы определения органических соединений.– М.: Химия, 1975. – 360 с.
8. Лебедев А. Т.. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: БИНОМ. Лабораторий знаний, 2003. – 493 с.
9. Мазор Л. Методы органического анализа. –М.: Мир, 1986. –584 с.
10. Ракс А. М., Есауленко А. М. Сучасна Хроматографія на Гребені Хвилі Прогресу. К. : Аванпост-Прим, 2014. – 162 с.
11. Сигиа С., Ханна Дж. Г. Количественный органический анализ по функциональным группам. Пер. с англ.–М.: Химия, 1983.–672 с.
12. Шрайнер Р., Фьюзон Р., Кертин Д., Морил Т. Идентификация органических соединений. Пер с англ.–М.: Мир,1983–704с.
13. Эшворт М. Р. Ф. Титриметрические методы анализа органических соединений. Часть II. Методы косвенного титрования. (В двух книгах с единой нумерацией страниц и общим указателем). Пер. с англ. под общей ред. проф. А. П. Крешкова. М., Химия, 1972.–Книга 1-я: 1–496 с; Книга 2-я: 497–1108. с.
14. Эшворт М. Р. Ф. Титриметрические методы анализа органических соединений. Часть I. Методы прямого титрования. Пер. с англ. под общей ред. проф. А. П. Крешкова. М., Химия, 1968.–55. с.
15. Ягодинец П. І., Скрипська О. В., Андрійчук Ю. М. Фізико-хімічний аналіз органічних сполук. Навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2008. – 88 с.

Додаткова:

1. Breitmaier E. Structure Elucidation by NMR in Organic Chemistry. John Wiley & Sons, LTD, 2002. – 258 с.
2. Методы количественного органического элементного микроанализа / Гельман Н.Э., Терентьева Э.А., Шанина Т.М. и др.–М.: Химия, 1987. – 296с.
3. Айвазов Б.В. Введение в хроматографию. М., 1983. – 240 с.
4. Аналитическая химия в создании, стандартизации и контроле качества лекарственных средств: в 3-х томах на русском языке / Под ред. Член-кор. НАН Украины В.П. Георгиевского. – Харьков: изд. “НТМТ”, 2011. Т. 1. – 520 с. Т. 2. – 464 с.
5. Аналитическая химия синтетических красителей / Под ред. К. Венкатарамана.– Л.: Химия, 1979 – 574 с.
6. Аналитическая химия. Проблемы и подходы: Т.1. Пер. с англ. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, Г.М. Видмер. – М.: “Мир”: ООО “Издательство АСТ”, 2004. – 608 с.
7. Аналитическая хроматография / К.И. Сакодынский [и др.] – М.: Химия, 1993. – 462 с.
8. Байулеску Г., Кошофрецу В. Применение ион-селективных мембранных электродов в органическом анализе. Пер с англ. к.х.н. В.В. Соболя.–М.: Мир, 1980.–230с.
9. Безуглый В., Худякова Т., Шкодин А. Титриметрические методы анализа неводных растворов. – М.: Химия, 1986. – 384 с.
10. Беликов В. Г. Фармацевтическая химия: В 2 ч. Ч. 2. Общая фармацевтическая химия: Учеб. для фармац. ин-тов и фак. мед. ин-тов. – Пятигорск, 1996.– 608 с.
11. Беликов В. Г. Фармацевтическая химия: В 2 ч.: Учеб. пообие. – М: МЕДпресс-информ, 2007. – 624 с.
12. Беликов В.Г. Фармацевтическая химия: В 2 ч. Ч. 1. Общая фармацевтическая химия: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1993.– 432 с.
13. Бикова А.С. Ідентифікація органічних сполук. – Харків: ХДПУ, 2000. – 72 с.

14. Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы: Учебник для вузов - М.: Высшая школа, 1989– 287 с.
15. Воловенко Ю.М., Карцев В.Г., Комаров И.В., Туров А.В., Хиля В.П. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса для химиков. М: МБФНП, 2011. – 694с.
16. Вульфсон Н.С., Заикин В.Г., Микая А.И. Мас-спектрометрия органических соединений. М., 1986. – 312 с.
17. Гиошон Ж. Количественная газовая хроматография для лабораторных анализов и промышленного контроля / Ж. Гиошон, К. Гийемен; пер. с англ. ; под ред. О.Г. Ларионова. – М.: Мир, 1991. – 582 с.
18. Гиттис С. С., Глаз А. И., Иванов А. В. Практикум по органической химии. М.: Вышш. школа, 1991. – 303 с.
19. Гольберт К.А. Введение в газовую хроматографию / К.А. Гольберт, М.С. Вигдергауз. – М. : Химия, 1990. – 352 с.
20. Гюнтер Х. Введение в курс спектроскопии ЯМР. – М.: Мир, 1984. – 480 с.
21. Дероум Э. Современные методы ЯМР для химических исследований. М.: Мир, 1992. – 402 с.
22. Дёрффель К. Статистика в аналитической химии. – М.: Мир, 1994. – 268 с.
23. Дзиковська Л. Застосування ІЧ- та ПМР спектроскопії для з'ясування будови органічних речовин. – Львів, Львівський університет, 1999. –190с.
24. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. –М.: Химия, 1989. – 386 с.
25. Инфракрасная спектроскопия полимеров / И. Дехант [и др.]. –М. : Химия, 1976. – 471 с.
26. Кирхнер Ю. Тонкослойная хроматография. Т.1. – М.: Мир, 1981. – 435 с.
27. Коваленко С.І., Васюк С.О., Портна О.О. Комплексометрія у фармацевтичному аналізі: навч. посібник для студ. вищ. мед. зак. ІV рівня акредитації. – Вінниця, НОВА КНИГА, 2008.–184 с.
28. Колебательная спектроскопия. Современные воззрения и тенденции. /Под ред. Барнс А., Орвил-Томас В.Дж. – М.:Наука, 1981. – 214с.
29. Концентрирование следов органических соединений / Проблемы аналитической химии, Т.Х.–М.: Наука, 1990.–280 с.
30. Коркуна О.Я. Аналіз лікарських засобів. Лабораторний практикум: навчально-метод. посіб. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 464 с.
31. Корнілов М.Ю., Туров О.В., Борсдорф Р., Клейнпетер Е. Ядерний магнітний резонанс у запитаннях і відповідях. Київ: Вища школа, 1995. – 287 с.
32. Кристиан Г. Аналитическая химия: в 2 томах. Т. 1. / пер. с англ. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 623 с.
33. Лабораторные работы по органической химии. Под ред. О.Ф.Гинзбурга. М.: Высшая школа. 1987. – 295 с.
34. Лундин Ф.Г., Федин Э.И. ЯМР-Спектроскопия. М., 1986. – 222 с.
35. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. –М.: Химия, 1984. –448 с.
36. Майрановский С.Г. Страдынь Я.П., Безуглый В.Д. Полярография в органической химии / общ. ред. С. Г. Майрановский; науч. ред. А. В. Ельцов. – Л.: Химия, 1975. – 351 с
37. Методы анализа загрязнений воздуха/Другов Ю.С, Беликов А.Б., Дьякова Г.А., Тульчинский В.М. – М.: Химия, 1984.– 384 с.
38. Миронов В.А., Янковский С.А. Спектроскопия в органической химии. – М.: Мир, 1985. – 320 с.
39. Пентин Ю.А., Вилков Л.В. Физические методы исследования в химии: Учебник. М.: Мир, 2006. – 683 с.
40. Полюдек-Фабини Р., Бейрих Т. Органический анализ. Руководство по анализу органических соединений, в том числе лекарственных веществ.: Пер, с нем. – Л.: Химия, 1981, – 624с.
41. Практическая газовая и жидкостная хроматография : учебн. пособие / Б.В. Столяров [и др.] – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2002. – 616 с.
42. Свердлова О.В. Электронные спектры в органической химии. – Л.: Химия, 1985. – 248 с.
43. Смит А. Прикладная инфракрасная спектроскопия, пер. с англ. – М., 1982. – 328 с.
44. Соняси Р., Сандра П., Шлет К. Анализ воды: органические микропримеси. Практическое руководство. Перевод с англ.– Санкт-Петербург: ТЕЗА, 1995.,– 250с.
45. Стыскин Е.Л. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография / Е.Л. Стыскин, Л.Б. Ициксон, Е.В. Брауде. – М. : Химия, 1986. – 288 с.
46. Стыскин Е.Л., Брауде Е.В. Практическая высокоэффективная жидкостная хроматография. М., 1986. – 284 с.
47. Сумина Е.Г. Тонкослойная хроматография. Теоретические основы и практическое применение : учеб. пособие / Е.Г. Сумина, С.Н. Штыков, Н.В. Тюрина. – Саратов : Изд-во Саратов. гос. ун-та, 2006. – 112 с.
48. Терентьев А. П. Органический анализ. М.: Изд. Моск. ун-та, 1966. – 403 с.
49. Титце Л., Айхер Т. Препаративная органическая химия. М., Мир, 1999. – 704 с.
50. Фармацевтическая химия: Учеб. пособие / Под ред. А.П. Арзамасцева. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004.– 640 с.
51. Фармацевтична хімія: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / П.О. Безуглий, І.С. Гриценко І.В. Українець, С.Г. Таран та ін.; За заг. ред. П.О.Безуглого. – Вінниця: НОВА КНИГА, 2006.– 552 с.

52. Фармацевтичний аналіз: навч. посіб. для студ. вищ. фармац. навч. закл. III–IV рівнів акредитації / П.О.Безуглий, В.О. Грудько, С.Г. Леонова та ін.; За ред. П.О. Безуглого. – Х.: Вид-во НФАУ; Золоті сторінки, 2001. – 240 с.
53. Фомин Г.С., Ческис А.Б. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Справ очник./Под ред.. С.А. Подлепы – М.: Изд-во «Геликон», 1992 – 392 с.
54. Эрнст К Р., Боденхаузен Дж., Бокаун А. ЯМР в одном и двух измерениях. М., Мир 1990. – 711с.