

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан хімічного факультету
доц. Дмитрів Г.С.

“_____” _____ 2019 року

АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

ПРОГРАМА

дисципліни вільного вибору аспіранта

підготовки доктора філософії

з галузі знань **10 Природничі науки** за спеціальністю **102 Хімія**

Розробники програми:

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

к.х.н., доцент кафедри аналітичної хімії 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

ВСТУП

Програма вивчення нормативної навчальної дисципліни “Аналіз органічних речовин” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки доктора філософії спеціальності 102 Хімія.

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

Міждисциплінарні зв'язки. 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. Використовуються знання отриманні при вивченні таких дисциплін *Аналітична хімія, Органічна хімія, Фізична та колоїдна хімія, Фізика, Біохімія та ін*

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Ідентифікація та хімічні методи аналізу органічних речовин.
2. Методи встановлення структури будови органічних сполук.
3. Інструментальні методи аналізу органічних речовин.

Навчальну дисципліну “Аналіз органічних речовин” аспіранти денної форми навчання вивчають на другому році навчання в аспірантурі.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Метою викладання 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.

1.2. 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

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти повинні:

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.

2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ ДИСЦИПЛІНИ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ І.

Ідентифікація та хімічні методи аналізу органічних речовин.

Тема 1. Методи аналізу органічних речовин.

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.

Тема 2. Методи ідентифікації органічних речовин.

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

Тема 3. Якісний та кількісний 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, сульфокислот. Визначення вуглеводів: моноцукрів та дицукрів.

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.

Тема 4. Методи визначення показників сумарного вмісту органічних речовин.

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), персульфату калію. Метод сухого спалювання з кінцевим ІЧ-спектрометричним визначенням, "метановий" метод. 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 дихромату калію та персульфату калію. 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.

Тема 5. Хімічні методи 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, нітрузування. 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, нітрузування, обміну галогенів, декарбоксилювання, розщеплення S–S та C–S зв'язків.

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.

Окисно-відновне титрування. Йодометричне титрування. Хімічний титриметричний метод визначення води – метод акваметрії (Метод Фішера). Нітриметричне титрування. Аналіз і кількісний 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). Метод седиметрії при визначенні органічних речовин. Аргентометричне титрування, меркурометрія. Комплексонометрія. Застосування методу для аналізу і визначення елементоорганічних речовини, що містять іони магнію, калію, цинку, бісмуту, плюмбу, алюмінію та ін. з використанням Трилону Б.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II.

Методи встановлення структури будови органічних сполук

Тема 6. Спектральні методи встановлення будови органічних сполук.

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 \equiv C, C–C_{аром}, C–H_{sp}³, C–H_{sp}², C–H_{sp}, C–O, C–N, O–H, N–H, S–H, C=O, CHO, COOH, COOR, COHal, NO₂, C \equiv 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. Приклади структурного аналізу органічних сполук за ІЧ спектром (область 4000–650 см⁻¹).

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_{H-H}. Подвійний резонанс. Спектроскопія ¹³C ЯМР: шкала хімічних зсувів ядер ¹³C, їх характеристичність, закономірності в зміні значень хімічних зсувів, константи спін-спінової взаємодії J_{C-H}, повне і часткове придушення спін-спінової взаємодії ядер ¹³C і протонів. Ядерний ефект Оверхаузера. Поняття про спектроскопії ядерного магнітного резонансу динамічних систем (обмінні процеси). Спектри ЯМР на ядрах ³¹P і ¹⁹F. Приготування зразків для ЯМР-спектроскопії. Кореляційна спектроскопія ЯМР (одновимірна і двовимірна, COSY, HMQC, HSQC, HMBC, INADEQUATE). Ядерний ефект Оверхаузера (природа, практичні наслідки, гомо- і гетероядерні ефекти, техніка вимірювання, різницеві спектри, вимоги до зразків).

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 іонізації сполук з високою молекулярною масою і високомолекулярних сполук (польова десорбція (FD), хімічна іонізація (CI), електроспрей (ES), матрична лазерна десорбційна іонізація (MALDI)). 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.

Основні напрямки фрагментації органічних сполук під електронним ударом (вуглеводнів і їх галогенпохідних, спиртів, фенолів, простих ефірів, альдегідів, кетонів, амінів, карбонових кислот та їх похідних). Термічні реакції в мас-спектрометрії. Приклади фрагментації складних органічних сполук. Приклади структурного аналізу органічних сполук за мас-спектром низького розділення. Перегрупування Мак-Лафферті.

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.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ III.

Інструментальні методи аналізу органічних речовин.

Тема 7. Оптичні методи визначення органічних речовин.

Фотометричні та спектрофотометричні методи визначення органічних сполук. Екстракційно-фотометричне розділення та визначення малих вмістів органічних речовин у складних матрицях. Люмінесцентні та хемілюмінесцентні методи визначення органічних сполук.

Тема 8. Електрохімічні методи аналізу 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. Дослідження механізмів реакцій електрохімічного перетворення органічних речовин із різними електрохімічноактивними групами. Використання вольтамперометрії та потенціометрії для якісного та кількісного визначення органічних речовин. Можливості непрямого визначення органічних речовин електрохімічними методами (амперометричне, кулонометричне та потенціометричне титрування).

Тема 9. Хроматографічні методи розділення, концентрування та визначення органічних речовин.

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

Тема 10. Характеристика вмісту органічних речовин у конкретних об'єктах, вибір методу їх аналізу 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.

3. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Байрман 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., Флорид А., Сейнзбери М. Спектроскопия органических веществ: Пер. с англ.– М.: Мир, 1992. – 300с.
5. Воловенко Ю. М., Туров О. В. Ядерный магнитный 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., Єсауленко 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. Ягодинець 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 фармацевт. 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. Гишон Ж. Количественная газовая хроматография для лабораторных анализов и промышленного контроля / Ж. Гишон, К. Гийемен; пер. с англ. ; под ред. О.Г. Ларионова. – М.: Мир, 1991. – 582 с.
18. Гитис С. С., Глаз А. И., Иванов А. В. Практикум по органической химии. М.: Высш. 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. Дзіковська 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. Сонияси 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.

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.

4. ФОРМА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ: ІСПИТ

Підсумкова семестрова рейтингова оцінка складається з суми балів всіх видів поточного контролю та балів за зданий іспит.

Навчальна дисципліна вільного вибору аспіранта „Аналіз органічних речовин” оцінюється за модульно-рейтинговою системою за 100-бальною шкалою. Вона складається з **1** блоку модулів та **3** змістових модулів, за перший і другий із яких аспірант може отримати по 13 балів, а за третій аспірант може отримати 24 бали, а разом це 1 модуль, оцінений у 50 балів.

Контроль вивчення навчальної дисципліни „Аналіз органічних речовин” провадиться за результатами трьох контрольних опитувань з теоретичних питань, трьох виступів на практичних заняттях, а також за результатами написання та захисту реферату.

До складання іспиту допускається аспірант, який набрав протягом семестру не менше 30 балів з 50 максимально можливих за різні види роботи. Максимальна оцінка за іспит становить 50 балів, які додаються до суми балів, отриманих за семестр.

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ

- *Перелік тем доповідей на практичних заняттях;*
- *перелік тем рефератів;*
- *комплекти завдань контрольного опитування 1 2 та 3;*
- *екзаменаційні білети;*
- *електронна база тестів для проведення контрольних опитувань, іспитів та контрольних замірів знань.*