

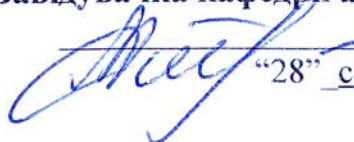
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА

Кафедра аналітичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувачка кафедри аналітичної хімії

 Л.О. Дубенська
“28” серпня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ХРОМАТОГРАФІЯ

освітній рівень другий (магістерський) рівень вищої освіти

галузь знань Е Природничі науки, математика та статистика
(шифр і назва галузі знань)

спеціальність ЕЗ “Хімія”
(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація _____

освітня програма Хімія

Факультет хімічний

Робоча програма навчальної дисципліни «Хроматографія» для студентів
(назва навчальної дисципліни)

Спеціальності ЕЗ “Хімія”, 2025. – 11 с.

Розробники: Коркуна О.Я., доцентка кафедри аналітичної хімії, кандидатка хімічних наук, доцент,

Тимошук О.С., доцент кафедри аналітичної хімії, кандидат хімічних наук, доцент,

(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри аналітичної хімії

Протокол від “28” серпня 2025 року № 1

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: Е Природничі науки, математика та статистика	Нормативна
Модулів – 1	Освітній рівень: магістр	Рік підготовки
Змістових модулів – 1		другий
Індивідуальне науково-дослідне завдання		Семестр
Загальна кількість годин – 90		третій
Форма навчання – заочна	Спеціальність: ЕЗ “Хімія”	Лекції
		8 год
		Лабораторні роботи
		12 год
		Самостійна робота
		70 год
		Вид контролю
		Екзамен

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить 1:3,5.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою і завданням навчальної дисципліни “Хроматографія” є поглиблене вивчення теорії та практики хроматографічних методів аналізу. Предмет навчальної дисципліни “Хроматографія” включає теорію та практику хроматографічних методів аналізу, розділення та концентрування, ідентифікацію та кількісне визначення мікрокількостей речовин за допомогою різних варіантів хроматографічного методу. Одержані знання з цієї дисципліни знадобляться випускникам при роботі в хімічних лабораторіях різноманітних галузей господарства, наукових та дослідницьких лабораторіях.

В результаті вивчення курсу “Хроматографія” студент буде

знати:

- правила техніки роботи в лабораторії хроматографічних методів аналізу;
- класифікацію хроматографічних методів аналізу;
- основні різновиди хроматографічних методів аналізу;
- хіміко-аналітичні характеристики хроматографічного методу;
- будову апаратури та устаткування в хроматографії;
- основні галузі застосування хроматографії.

вміти:

- проводити кількісний та якісний хроматографічний аналіз;
- самостійно обирати різновид хроматографії для проведення аналізу складного об'єкту;
- самостійно обирати оптимальні умови хроматографічних визначень суміші компонентів;
- проводити статистичну обробку результатів аналізу;
- розв'язувати розрахункові задачі з хроматографічних методів аналізу.

Після вивчення дисципліни студент набуває компетентностей:

Загальні:

- ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК 3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК 9. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).
- ЗК 14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел.

Спеціальні:

- СК 1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із вищого рівня математичними інструментами для опису природних явищ.
- СК 3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.
- СК 4. Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.
- СК 6. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.
- СК 7. Здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризики для людей і довкілля тощо).

Програмні результати навчання:

- ПРН 1 Знати і розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.
- ПРН 2 Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.
- ПРН 3 Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.
- ПРН 6 Знати методологію організації наукового дослідження.

ПРН 8 Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефакхівців.

ПРН 9 Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи необхідні методи та інструменти роботи з даними.

ПРН 10 Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Лекція 1. Загальна характеристика хроматографічних методів аналізу. Основні аспекти розвитку хроматографії: аналітичний, препаративний, метод розділення та концентрування. Термінологія, загальні положення хроматографічного аналізу. Класифікація хроматографічних методів (за природою сил міжфазової взаємодії; за агрегатним станом; за способом виконання аналізу). Роль і місце хроматографічних методів в аналізі високочистих речовин, об'єктів довкілля, фармації, біохімії., їхня роль і місце в аналітичній хімії.

Лабораторна робота 1 (3 год.). Розділення амінокислот методом тонкошарової хроматографії.

1. Допуск до роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Одержання контрольної задачі.
3. Проведення досліджень.
4. Обробка одержаних експериментальних даних та оформлення практичної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

Завдання для самостійної роботи (10 год)

1. Альтернативні класифікації хроматографічних методів аналізу.
2. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
3. Опрацювання лекційного матеріалу.
4. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

Лекція 2. Способи одержання хроматограм (елюентний, витискувальний, фронтальний). Базові хроматографічні параметри: висота і площа хроматографічного піку; утримуваний час, об'єм. Основні теорії хроматографічного розділення (хроматографічних теоретичних тарілок, кінетично-дифузійна теорія).

Завдання для самостійної роботи (10 год)

1. Вибір теоретичних оптимальних умов проведення хроматографічного визначення з урахуванням теорії теоретичних тарілок та кінетично-дифузійної теорії.
2. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
3. Опрацювання лекційного матеріалу.
4. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

Лекція 3. Рідинна колонкова хроматографія. Адсорбційна хроматографія. Теоретичні основи і практичне застосування методу.

Лабораторна робота 2 (3 год.). Осадова хроматографія. Якісний аналіз галогенідів. .

1. Допуск до роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Одержання контрольної задачі.
3. Проведення досліджень.
4. Обробка одержаних експериментальних даних та оформлення практичної роботи.

5. Захист лабораторної роботи.

Завдання для самостійної роботи (10 год)

1. Практичні аспекти використання розподільчої хроматографії.
2. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
3. Опрацювання лекційного матеріалу.
4. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

Лекція 4. Іонообмінна хроматографія. Класифікація іонів. Методи одержання іонів. Основні закономірності іонообміну. Константа іонообміну. Статика та кінетика іонного обміну. Вибірковість іонного обміну. Розділення речовин методом іонного обміну.

Лекція 5. Рідинна розподільна (тонкошарова) хроматографія. Особливості проведення аналізу методом тонкошарової хроматографії, варіанти подачі елюента.

Лабораторна робота 3 (3 год.). *Визначення фактору розділення методом іонообмінної хроматографії.*

1. Допуск до роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів.
3. Проведення вимірювань.
4. Обробка одержаних експериментальних даних та оформлення роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

Завдання для самостійної роботи (10 год)

1. Практичні приклади використання іонообмінної та осадової хроматографії.
2. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
3. Опрацювання лекційного матеріалу.
4. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.

Лекція 6. Осадова хроматографія. Теоретичні принципи методу. Застосування осадової хроматографії. Роль адсорбційних процесів у формуванні зон хроматограми. Вторинні явища. Гель-хроматографія.

Завдання для самостійної роботи (10 год)

1. Практичні приклади використання іонообмінної та осадової хроматографії.
2. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
3. Опрацювання лекційного матеріалу.

Лекція 7. Газова хроматографія. Загальні положення. Газо-адсорбційна та газо-рідинна хроматографія

Лабораторна робота 4 (3 год.). *Визначення естерів у спиртах методом газової хроматографії.*

1. Допуск до роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням.
2. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Одержання контрольної задачі.
3. Проведення досліджень.
4. Обробка одержаних експериментальних даних та оформлення практичної роботи.
5. Захист лабораторної роботи.

Лекція 8. Сучасні напрямки розвитку хроматографічних методів. Пробовідбір та пробопідготовка в хроматографічному аналізі. Хроматомас-спектрометрія. Способи іонізації, різні типи мас-аналізаторів. Ідентифікація компонентів складних сумішей. Використання методу у вирішенні різних екологічних проблем. Високоефективна капілярна газова хроматографія; надкритична флюїдна хроматографія.

Завдання для самостійної роботи (10 год)

1. Флюїдна хроматографія. Основи методу.
2. Характеристика засобів пробовідбору для різних об'єктів при проведенні хроматографічного аналізу. Транспортування проб.
3. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.
4. Опрацювання лекційного матеріалу.

Перелік запитань на іспит

1. Дайте визначення таких понять: хроматографія, рухома та нерухома фаза, елюент та елюат.
2. Основні етапи хроматографічного аналізу. Способи вилучення речовин з фази сорбента.
3. Що таке «елюювання»? Охарактеризуйте головні параметри кривої елюювання.
4. Крива елюювання, розрахунок якісних характеристик речовин з параметрів хроматограми.
5. На підставі яких параметрів кривої елюювання проводять якісну ідентифікацію компонентів аналізованої суміші?
6. Якісний хроматографічний аналіз.
7. Кількісний хроматографічний аналіз.
8. Елюююча сила рухомої фази. Вибір елююючої сили і селективності рухомої фази. Елюотропний ряд.
9. Класифікація хроматографічних методів аналізу за агрегатним станом хроматографічної системи.
10. Відмінності та особливості препаративної та аналітичної хроматографії.
11. Які аналітичні проблеми вирішують на основі теорії хроматографічного аналізу?
12. Основні положення теорії еквівалентних тарілок.
13. Кінетично-дифузійна теорія хроматографії.
14. Види ізотерм адсорбції.
15. Залежність форми хроматографічного піка від типу ізотерми адсорбції.
16. Розрахунок ступеня розмивання та ефективності розділення хроматографічних піків.
17. Рідинна розподільна хроматографія. Теоретичні основи методу.
18. Особливості проведення нормально-фазової та обернено-фазової розподільної хроматографії (колонковий та площинний різновиди).
19. Переваги та недоліки рідинної адсорбційної хроматографії.
20. Особливості нормально-фазової та обернено-фазової адсорбційної хроматографії. Опис процесів хроматографічного розділення в цих різновидах.
21. Від яких параметрів залежить елюююча сила розчинника в рідинній хроматографії?
22. Типи спектрофотометричних детекторів рідинної колонкової хроматографії.
23. Типи електрохімічних детекторів рідинної колонкової хроматографії.
24. Наведіть приклад неселективного детектора рідинної хроматографії. В чому полягають їх переваги та недоліки над селективними?
25. Переваги та обмеження методу газової хроматографії.
26. Вимоги до рухомої фази (газу-носія) у методах газової хроматографії.
27. Вплив швидкості потоку і тиску газу-носія на ефективність розділення.
28. Основні блоки та складові газового хроматографа.
29. Класифікація хроматографічних колонок у газовій хроматографії.
30. Детектори газової хроматографії: іонізаційні детектори.
31. Детектор по теплопровідності.
32. Детектор електронного захоплення.
33. Параметри, що визначають селективність та тривалість газохроматографічного розділення речовин.
34. Природні та синтетичні неорганічні іонообмінники.
35. Поясніть терміни: іоногенна група, фіксований іон, протиіон, коіон.
36. Наведіть приклад та особливості використання рідких іонообмінних матеріалів.
37. Назвіть головні чинники, які впливають на сорбцію іонів іонами різної природи.

38. Практичне застосування іонообмінної хроматографії.
39. Основні засади гель-хроматографії.
40. Класифікація та характеристики нерухомих фаз гель-хроматографії.
41. Переваги та недоліки гель-хроматографії. Аналітичне та препаративне застосування методу.
42. Класифікація видів площинної хроматографії за технікою виконання аналізу.
43. Порівняйте переваги та недоліки площинної хроматографії перед колонковою хроматографією.
44. Особливості одержання кругової тонкошарової хроматограми. Застосування кругової тонкошарової хроматографії в якісному та кількісному аналізі.
45. Особливості одержання низхідної тонкошарової хроматограми. Застосування висхідної тонкошарової хроматографії в якісному та кількісному аналізі.
46. Переваги двомірної тонкошарової хроматографії над одномірною. Застосування двомірної тонкошарової хроматографії в якісному та кількісному аналізі.
47. Вимоги до рухомої фази у тонкошаровій хроматографії. Класифікація розчинників.
48. Як здійснюється вибір розчинників у планарній хроматографії?
49. Коефіцієнт рухомості R_f . Від яких параметрів залежить ця величина?
50. Для вирішення яких аналітичних завдань використовують осадову хроматографію?
51. Визначення фактора розділення Zn(II) та Cd(II) методом іонообмінної хроматографії.
52. Розділення амінокислот методом паперової хроматографії.
53. Осадова хроматографія. Якісний аналіз галогенідів.
54. Визначення летких фенолів методом газової хроматографії.

4. Структура навчальної дисципліни

№ теми	НАЗВИ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ І ТЕМ	Кількість годин			
		лк	п	лаб	ср
1.	Загальна характеристика хроматографічних методів аналізу. Термінологія, загальні положення та класифікація хроматографічних методів.	1		3	8,75
2.	Основні теорії хроматографічного розділення. Способи одержання хроматограм. Базові хроматографічні параметри.	1			8,75
3.	Рідинна колонкова хроматографія. Адсорбційна хроматографія. Теоретичні основи і практичне застосування методу.	1		3	8,75
4.	Іонообмінна хроматографія. Основи методу та його застосування. Основні властивості та фізико-хімічні характеристики іонітів.	1			8,75
5.	Рідинна розподільна (тонкошарова) хроматографія.	1		3	8,75
6.	Осадова хроматографія. Гель-хроматографія.	1			8,75
7.	Газова хроматографія. Загальні положення. Газо-адсорбційна та газо-рідинна хроматографія.	1		3	8,75
8.	Сучасні напрямки розвитку хроматографічних методів. Пробовідбір та пробопідготовка в хроматографічному аналізі.	1			8,75
Модульна робота					
Разом за зміст. М1		8		12	70

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	К-сть год
1	Розділення амінокислот методом паперової хроматографії.	3
2	Осадова хроматографія. Якісний аналіз галогенідів.	3
3	Визначення фактору розділення методом іонообмінної хроматографії.	3
4	Визначення летких фенолів методом газової хроматографії.	3
Разом		12

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	К-сть год
1	Альтернативні класифікації хроматографічних методів аналізу.	10
2	Вибір теоретичних оптимальних умов проведення хроматографічного визначення з урахуванням теорії теоретичних тарілок та кінетично-дифузійної теорії.	10
3	Практичні аспекти використання розподільчої хроматографії.	10
4	Практичні приклади використання іонообмінної та осадової хроматографії.	10
5	Флюїдна хроматографія. Основи методу.	10
6	Характеристика засобів пробовідбору для різних об'єктів при проведенні хроматографічного аналізу. Транспортування проб.	10
7	Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми.	10
Разом		70

7. Методи навчання

Під час викладання курсу “Хроматографія” застосовуються методи організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності (лекція, бесіда, пояснення, розповідь, ілюстрування, демонстрування, самостійне спостереження, лабораторні роботи) та методи стимулювання навчальної діяльності (навчальна дискусія, постановка актуального завдання, пошук шляхів його розв'язання, виокремлення практичної цінності та можливих галузей застосування).

8. Методи контролю

Навчальна дисципліна складається з 1 змістового модуля, за який магістрант може отримати 50 балів, що входить в 1 модуль, оцінений у 100 балів, які отримує магістрант, здавши екзамен.

Бали нараховуються за наступним співвідношенням:

- лабораторні: 20% семестрової оцінки;
- контрольні заміри: 30% семестрової оцінки;
- іспит: 50% семестрової оцінки.

Підсумкова максимальна кількість балів – 100.

Змістовий модуль 1

Максимальна кількість балів – **50**. Передбачається проведення зі студентами **4** лабораторних робіт, написання **1** колоквіуму та виконання **1** домашнього завдання. Виконання кожної лабораторної роботи оцінюється у **5** балів, написання колоквіуму – **20** балів.

Оцінка за лабораторну роботу включає в себе:

- допуск до роботи – **1** бал;

- виконання роботи – 2 бали;
- оформлення звіту та захист роботи – 2 бали
-

9. Розподіл балів, що присвоюються студентам

Поточне тестування та самостійна робота								Іспит	Сума
Змістовий модуль 1									
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8		
50								50	100

10. Розподіл балів, які отримують студенти

№	Вид контролю	Кількість форм контролю	Межі позитивного оцінювання	Максимальна сума балів
1	Колоквіум	1	10-20	20
2	Лабораторна робота	4	3-5	20
3	Домашнє завдання	1	5-10	10
4	Іспит	1	50	50
Загальна сума балів				100

Шкала оцінювання: вузу, національна та ECTS

Оцінка ECTS	Оцінка в балах	За національною шкалою		
		Екзаменаційна оцінка, оцінка з диференційованого заліку		Залік
A	90 – 100	5	Відмінно	Зараховано
B	81-89	4	Дуже добре	
C	71-80		Добре	
D	61-70	3	Задовільно	
E	51-60		Достатньо	
FX	21-50	2	Незадовільно	Не зараховано
F	1-20		Незадовільно (без права перездачі; з обов'язковим повторним вивченням дисципліни)	Не зараховано (без права перездачі; з обов'язковим повторним вивченням дисципліни)

11. Методичне забезпечення

- Електронний курс: []
- Врублевська Т.Я., Тимошук О.С. Методи розділення та концентрування речовин в аналізі складних речовин: Навч. посіб. – Львів: Видавн. центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2007. – 216 с.
- Врублевська Т.Я., Ридчук П.В. “Пробопідготовка в аналізі об'єктів довкілля”: навч.-метод. посіб. для студ. хім. факультету. – Львів: Видавн. центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2017. – 382 с.

12. Рекомендована література

Базова

- Лисенко О.М., Набиванець Б.Й. Вступ до хроматографічного аналізу. –К.: Корвін-прес, 2005. –187 с.
- Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Лисенко О.М. Основи хроматографічного аналізу. –К.:

ВГЦКДУ, 2002. –121 с.

3. Ракс В.А., Єсауленко А.М. Сучасна хроматографія на гребені хвилі прогресу. Навчальний посібник. – К.: Аванпост, 2014. –168 с.
4. Федорченко С.В., Курта С.А. Хроматографічні методи аналізу: навч. посіб. – Івано-Франківськ : Прикарп. нац. ун-т ім. В. Стефаника, 2012. – 146 с.
5. Мінаєва В.О. Хроматографічний аналіз: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. – Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2013. – 284 с.

Допоміжна

1. James M. Miller Chromatography: concepts and contrasts.– New York/ Chichester/ Brisbane/ Toronto/ Singapore: John Wiley & Sons, 2004. – 294p.
2. Cazes J., Scott R.P.W. Chromatography Theory.– New York/ Basel: Marsel Dekker, Inc, 2002.– 477p.
3. LC/MS: A Practical User's Guide, M.C. McMaster, Wiley-Interscience, New York, NY, 2005, 165 pp.
4. Халаф В.А., Зайцев В.М. Пробопідготовка та пробовідбір в хроматографії: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. – К.: – 2010. – 280 с.

13. Інформаційні ресурси

1. <http://www.sciencedirect.com/>
2. <https://www.scopus.com/>
3. <http://chem.lnu.edu.ua/visnykk/index.htm>