

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра неорганічної хімії**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

Наталія Усенко
Наталія УСЕНКО

« 11 » 06 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕРМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

для здобувачів освіти

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	102 Хімія
освітній рівень	магістр
освітня програма	Хімія
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	заочна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладач: к.х.н., доц, доцент Фесич І.В.

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.
на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

КИЇВ - 2024

Розробник:

Фесич Ігор Володимирович, к.х.н., доцент, кафедра неорганічної хімії _____

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри неорганічної хімії



Ростислав ЛАМПЕКА

Протокол № 8 від « 13 » березня 2024 р.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол від « 9 » квітня 2024 року № 8

Голова науково-методичної комісії  Олександр ПОЇК

« 9 » квітня 2024 року

1. Мета дисципліни – сформувати у здобувачів теоретичні знання та практичні навички, необхідні для розуміння, вибору та застосування термічних методів аналізу (таких як термогравіметрія, диференціальний термічний аналіз, диференціальна скануюча калориметрія тощо) при дослідженні складу, властивостей і термічної поведінки речовин і матеріалів, а також для інтерпретації отриманих даних у контексті хімічного аналізу та матеріалознавства.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. *Знати неорганічну хімію, фізичну хімію, органічну хімію та полімерну хімію, інструментальні методи аналізу, фізичні методи дослідження в хімії, інформаційні технології в хімії*, а також базові уявлення про ендо- та екзотермічні процеси, які можуть відбуватися в індивідуальних сполуках та матеріалах при підвищенні температури.

2. *Знання англійської мови на рівні B2*

3. Анотація навчальної дисципліни: навчальна дисципліна сприяє формуванню узагальненого та систематизованого знання про методи термічного аналізу, можливості їх використання для вирішення наукових, технологічних задач, характеристики полімерів, неорганічних матеріалів та фармацевтичних препаратів: диференціальний термічний аналіз (ДТА), диференціальна скануюча калориметрія (ДСК), термогравіметрія (ТГ). Під час вивчення теоретичної частини дисципліни здобувачі матимуть змогу (●) отримати відомості про фізико-хімічні основи та історію розвитку методу термічного аналізу простих та складних речовин та матеріалів; (●) познайомитися з будовою та принципом роботи аналітичних приладів, призначених для проведення термічних досліджень; (●) розкрити і розширити уявлення про використання методів термічного аналізу для якісного та кількісного аналізу речовини, для побудови діаграм стану, а також для визначення теплоти фазових перетворень і теплоти реакцій, вивчення основних аспектів термічного розкладу речовин, аналізу продуктів деструкції та обробки отриманих результатів. Крім того здобувачам буде надано можливість детальніше ознайомитися з деякими конкретними методиками дослідження матеріалів за допомогою термічних методів, зокрема синхронного ДТА/ТГ аналізу, при виконанні лабораторних робіт. Сучасні дослідження природи та будови хімічних сполук багато в чому ґрунтуються на даних термічного аналізу. Розвиток хімії високомолекулярних сполук та промисловості полімерних матеріалів також поставило перед термічним аналізом ряд завдань. Тому актуальними є теоретичні основи та практичні можливості термічного аналізу, інструментальні методи піролізу сполук, експериментальні методи термічного аналізу. З огляду на вищевказане, вивчення дисципліни «Термічні методи аналізу» визначає особливе місце її у підготовці висококваліфікованого фахівця у галузі хімії. Цей метод є найважливішим розділом освітньої підготовки фахівця-аналітика, який значною мірою визначає його потенційні можливості та перспективи зростання в обраній галузі.

4. Завдання (навчальні цілі):

– сформувати у здобувачів уявлення про теоретичні засади термічного аналізу; фізичні принципи роботи, особливості конструкції та програмного забезпечення різних термоаналітичних приладів, зокрема термічного аналізатора DTG 60-H (Shimadzu, Японія); основних сферах застосування різних видів аналізу та його роллю в сучасному хімічному експерименті; стандартних методик обробки результатів термічного аналізу;

– ознайомити з особливостями застосування термічних методів у хімії неорганічних, органічних, полімерних та композиційних матеріалів.

– сприяти розвитку аналітичного мислення та вмінню оцінювати якість і достовірність експериментальних даних.

– підготувати здобувачів до використання термічного аналізу у науковій, виробничій та аналітичній діяльності.

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 102 «Хімія») дисципліна забезпечує набуття здобувачами таких *компетентностей*:

інтегральної:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі хімії або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень, здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

загальних:

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК 13. Здатність до активного збереження довкілля.

фахових:

ФК 5. Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результати навчання (1 – знати; 2 – вміти; 3 – комунікація, 4 – автономність та відповідальність)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1. Знати основні визначення, поняття та кількісні параметри опису термохімічних процесів, які відбуваються в речовині.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Дистанційна модульна контрольна робота, Підсумкова модульна контрольна робота,	5
1.2. Знати теоретичні основи термічних методів аналізу (ТГА, ДТА, ДСК тощо), класифікацію термічних методів та їх застосування в хімії та матеріалознавстві.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Дистанційна модульна контрольна робота, Підсумкова модульна контрольна робота, оцінювання реферату та літературного пошуку.	10
1.3. Знати принципи роботи термічного аналізатора, конструкцію основного обладнання, методики проведення аналізу термічної стійкості різних типів речовин (неорганічних, органічних, полімерних).	Лабораторна робота, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Підсумкова модульна контрольна робота, захист звіту з лабораторної роботи, оцінювання реферату, оцінювання літературного пошуку.	5
1.4. Знати правила обробки, аналізу та інтерпретації термограм, у тому числі з використанням сучасного програмного забезпечення та літературних даних.	Лабораторна робота, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист звіту з лабораторної роботи; оцінювання літературного пошуку.	15
1.5. Сучасні напрямки розвитку термічного аналізу та його міждисциплінарне значення.	Самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Оцінювання реферату, оцінювання літературного пошуку.	5
2.1. Вміти аналізувати інформацію, яка стосується	Лекції, самостійне	Дистанційна модульна контрольна робота,	15

Результати навчання (1 – знати; 2 – вміти; 3 – комунікація, 4 – автономність та відповідальність)	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
вивчення термічної поведінки, механізмів термодеструкції сполук та матеріалів по наукометричним та патентним базам, презентувати результати свого дослідження.	опрацювання рекомендованої літератури лабораторна робота.	оцінювання літературного пошуку та реферату; захист звіту з лабораторної роботи.	
2.2. Вміти здійснювати попередню підготовку зразків та обґрунтовувати умови проведення термічного аналізу для вирішення конкретних дослідницьких завдань.	Лабораторна робота, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист звіту з лабораторної роботи	10
2.3. Вміти використовувати набуті знання для характеристики термічних процесів (температури топлення, фазових переходів, масових втрат тощо) та розраховувати кінетичні параметри реакцій за результатами термічного аналізу.	Лекції, самостійне опрацювання рекомендованої літератури лабораторні роботи.	Підсумкова модульна контрольна робота, захист звіту з лабораторної роботи, оцінювання реферату, оцінювання літературного пошуку.	15
2.4. Вміти робити висновки про склад вихідних та проміжних сполук, кінцевих продуктів, а також механізми реакцій термічної деструкції досліджуваних об'єктів, оцінювати якість термограм, проводити їх обробку та побудову графіків.	Лабораторна робота, самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист звіту з лабораторної роботи, оцінювання реферату, оцінювання літературного пошуку.	10
3.1. Здатність обговорювати з викладачем та колегами отримані дані.	Лабораторні роботи.	Оцінювання реферату та літературного пошуку, захист звітів з лабораторних робіт.	5
4.1. Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, здійснювати пошук та узагальнювати науково-технічну інформацію.	Самостійне опрацювання рекомендованої літератури.	Захист реферату та літературного пошуку	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни										
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	4.1

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	4.1
	Програмні результати навчання										
ПРН2. 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.	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+
ПРН11. Складати технічне завдання до проекту, розподіляти час, організувати свою роботу і роботу колективу, складати звіт.			+			+	+		+	+	+
ПРН12. Оцінювати ризики у професійній діяльності та здійснювати запобіжні дії.		+	+		+	+	+		+		

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

Максимальна/мінімальна кількість балів, які можуть бути отримані здобувачем: **100 балів /60 балів**, а саме:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота (дистанційно) – РН 1.1, 1.2, 2.1 – 15 балів/9 балів
2. Літературний пошук (дистанційно) – РН 1.2-1.5, 2.1, 2.3, 2.4, 3.1, 4.1 – 10 балів/6 балів
3. Реферат (усна доповідь + презентація; дистанційно) – РН 1.2, 1.3, 1.5, 2.1, 2.3, 2.4, 3.1, 4.1 – 20 балів/12 балів
4. Оцінювання звіту по лабораторній роботі – РН 1.3, 1.4, 2.1-2.4, 3.1 – 15 балів/9 балів
5. Підсумкова модульна контрольна робота – РН 1.1-1.3, 2.3 – 40 балів/24 бали

- підсумкове оцінювання: у формі заліку

Підсумкова оцінка за залік виставляється як сума балів за всіма успішно оціненими результатами навчання (дистанційно та під час проведення аудиторних занять; оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються). Позитивну оцінку за залік (зараховано) здобувач отримує лише за умови здійснення пошуку наукових публікацій на запропоновану викладачем тематику, виконання лабораторної роботи, написання модульних контрольних робіт і реферату з усною доповіддю та презентацією.

7.2. Організація оцінювання:

Оцінювання лабораторної роботи здійснюється впродовж проведення аудиторних занять, модульна контрольна робота проводиться дистанційно, підсумкова модульна контрольна робота – після завершення лекцій. Оцінка реферату з усною доповіддю та презентацією проводиться дистанційно. Літературний пошук передбачає проведення здобувачами аналізу літератури, що стосується термічної поведінки речовин (органічних сполук, мінералів, природної сировини,

відходів, висушеного осаду, координаційних сполук тощо), інтерпретації вигляду та ходу кривих на дериватограмах та визначення можливих термохімічних перетворень в складі досліджуваних зразків, одержаних іншими авторами, та в підсумку захистити узагальнений матеріал.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи термічних методів аналізу				
1	Лекція 1. Методи термічного аналізу: термогравіметрія (ТГ), диференціальний термічний аналіз (ДТА), диференціальна скануюча калориметрія (ДСК). Класифікація методів термічного аналізу. Комплексний підхід до дослідження термічної поведінки матеріалів. Синхронний ДТА/ТГ аналіз. Пристрій та принцип роботи синхронного термоаналізатора. Форма термогравіметричної кривої. Стандартні методи обробки та аналізу термограм. Термограми типових процесів: дегідратації, термічного розкладу, окиснення. Диференціальна термогравіметрія (ДТГ). Основи методу диференціально-термічного аналізу. Фізико-хімічна природа піків кривих диференціального термічного аналізу та диференціальної скануючої калориметрії. Розрахунок теплових ефектів спостережуваних фізико-хімічних перетворень у диференціальному термічному аналізі.	2		9
2	Самостійна робота. Термічна поведінка речовин і матеріалів. Система, температура, енергія. Основи термодинаміки. Основні термодинамічні співвідношення для закритих систем. Фазові переходи Відкриті системи.			5
3	Самостійна робота. Історія розвитку термічних методів аналізу. Тепло, холод і перетворення речовин. Винахід термометра. Нові принципи вимірювання температури. Важливі віхи подальшого розвитку. Фотопластинка Ле Шательє. Метод диференціальної температури Робертс-Остіна. Термічний аналіз Таммана. Пірометр Курнакова. Термоваги Хонди. ІЮПАК та стандартизація термінів та методів. Диференціальна скануюча калориметрія (ДСК). Поява спеціалізованих журналів та конференцій. Дериватограф Пауліков. Перехід на мікро та нанорівень.			5
4	Самостійна робота. Термічні характеристики матеріалу. Сучасні прилади теплового аналізу. Технічні характеристики, можливості та сфери застосування. Чинники, що впливають на точність аналізу. Програмне забезпечення сучасних термоаналітичних пристроїв.			5
5	Самостійна робота. Термогравіметрія. Переваги та недоліки термогравіметрії. Виділення температурних інтервалів одностадійних, паралельних та послідовних реакцій. Використання			7

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
	термогравіметричних кривих для складання матеріального балансу процесів термічної деструкції речовин та матеріалів. Статистична, квазістатична та динамічна.			
6	Самостійна робота. Теоретичні основи диференціального термічного аналізу (ДТА) та диференціальної скануючої калориметрії (ДСК). Стандартизовані методи побудови базових ліній та способи визначення площ піків аналітичної кривої. Области застосування методів диференціального термічного аналізу та диференціальної скануючої калориметрії.			7
7	Самостійна робота. Дериватографія. Принцип роботи та будова дериватографа.			5
8	<i>Модульна контрольна робота</i>			
Змістовий модуль 2. Практичне застосування термічних методів у хімії				
9	Лекція 2. Кінетичний аналіз термічних процесів. Основи хімічної кінетики у термічному аналізі. Неізотермічні методи дослідження кінетики твердофазних реакцій. Диференційні та інтегральні методи дослідження кінетики розкладу речовин. Методи апроксимації дослідження кінетики розкладу речовин. Інтерпретація та розшифровка дериватограм. Визначення кінетичних параметрів процесу дегідратації/десольватації матеріалів методом Коутса-Редферна.	2		7
10	Самостійна робота. Особливості фізико-хімічних процесів, що проходять за участю твердих речовин. Поняття ступеня перетворення на термічному аналізі. Теоретичне обґрунтування можливості розрахунку кінетичних параметрів фізико-хімічних процесів по результатам термічного аналізу, проведеного у неізотермічному режимі.			7
11	Самостійна робота. Математичне опис швидкості реакції, що протікає в неізотермічному режимі. Використання результатів термогравіметрії та диференціального термічного аналізу визначення ступеня перетворення. Методи розрахунку енергії активації, порядку реакції та передекспоненційного множника фізико-хімічних процесів результатів термогравіметрії та диференціального термічного аналізу. Диференціальні, інтегральні та апроксимаційні методи розрахунку порядку реакції, енергії активації та передекспоненційного множника. Переваги та недоліки методів. Пошук та вибір оптимального методу для обробки термоаналітичних кривих.			7
12	Лабораторна робота 1. <i>Термічний аналіз симетикону в інертній атмосфері методом ДТА/ТГ.</i>		4	7
13	Самостійна робота. Чинники, що впливають на результати термоаналітичних вимірів. Фактори, пов'язані з вимірювальним приладом: швидкість нагрівання печі, форма тримача зразка та печі, контакт між зразком та атмосферою, атмосфера печі, чутливість термопари; хімічний склад матеріалу контейнера для зразка. Характеристики зразка: маса зразка, розмір частинок зразка, теплота			6

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
	реакції, густина упаковки частинок зразка, склад зразка, теплопровідність.			
14	Самостійна робота. Комплексні методи аналізу: поєднання ТГА з FTIR, MS, XRD. Синергетичний підхід до ідентифікації продуктів розкладу. Приклади з аналітичної хімії та матеріалознавства.			4
15	Самостійна робота. Застосування термічного аналізу в сучасній хімії Термічний аналіз мінеральної сировини. Термічний аналіз керамічних матеріалів. Термічний аналіз скломатеріалів. Аналіз полімерів, лікарських засобів, наноматеріалів, каталізаторів. Приклади досліджень, результати, аналітичні висновки.			5
16	Підготовка та захист літературного пошуку. Підсумкова контрольна робота			18
17	Підготовка реферату з усною доповіддю та презентацією			8

Загальний обсяг 120 год, в тому числі:

Лекції – 4 год.

Лабораторні роботи – 4 год.

Консультації – 0 год.

Самостійна робота – 112 год.

9. Рекомендовані джерела

Основні:

- Неділько С. А., Дзязько О. Г., Зеленько М. А. Термічні методи аналізу: методичний посібник. – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2010. – 63 с.
- Földvári M. Handbook of the thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice. – Budapest: Geological Institute of Hungary, 2011. – 180 с. – ISBN 978-963-671-288-4.
- Skoog D. A., Holler F. J., Crouch S. R. Principles of Instrumental Analysis. – 6th ed. – Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole, 2007. – 1039 p. Zhang, Y., Ma, C., Lu, X., & Liu, M. (2019).
- Kissinger H. E. Reaction kinetics in differential thermal analysis // Analytical Chemistry. – 1957. – Vol. 29, No. 11. – P. 1702–1706.
- Brown M. E. (Ed.) Handbook of Thermal Analysis and Calorimetry. Vol. 1: Principles and Practice. – Amsterdam: Elsevier, 1998. – 701 p.
- Perveen S., Farrukh M. A. Influence of lanthanum precursors on the heterogeneous La/SnO₂–TiO₂ nanocatalyst with enhanced catalytic activity under visible light // Journal of Materials Science: Materials in Electronics. – 2017. – Vol. 28. – P. 10806–10818. – DOI: 10.1007/s10854-017-6858-X

Додаткові:

- Сучасні інструментальні методи досліджень в технології кераміки та скла [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньої програми «Хімічні технології неорганічних в'язучих речовин, кераміки, скла та

- полімерних і композиційних матеріалів» / О. Я. Весельська, Л. М. Спасьонова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,33 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 158 с.
2. Інструментальні методи досліджень в технології кераміки та скла [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Л.М. Спасьонова, А.П. Яценко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 85 с.
 3. Конспект лекцій з дисципліни «Методи контролю в галузі» [Текст] / М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, каф. техн. в рест. госп., гот.-рест. справи та підпр.; Ю. А. Горайнова. Кривий Ріг: [ДонНУЕТ], 2020. 136 с.
 4. Wendlandt W. W. Thermal Methods of Analysis. – 3rd ed. – New York: Wiley-Interscience, 1986. – 450 p.
 5. Vyazovkin S., Burnham A. K., Criado J. M., Pérez-Maqueda L. A., Popescu C., & Sbirrazzuoli N. ICTAC Kinetics Committee recommendations for performing kinetic computations on thermal analysis data // *Thermochimica Acta*. – 2011. – Vol. 520, No. 1–2. – pp. 1–19.
 6. Höhne G. W. H., Hemminger W. F., & Flammersheim H.-J. Differential Scanning Calorimetry: An Introduction for Practitioners. – 2nd ed. – Berlin: Springer, 2003. – 320 p.
 7. Speyer R. F. Thermal Analysis of Materials. – New York: Marcel Dekker, 1994. – 464 p.
 8. Karbalaei-Bagher M., Ahmadi Z., Nazockdast H. An insight into thermal stability and decomposition kinetics of polybenzoxazine plasma treated graphene nanocomposites // *Polymer - Plastics and Composites*. – 2021. – Vol. 29. – Suppl. S586–S599.
 9. Farrukh M. A., Butt K. M., Chong K. K., Chang W. S. Photoluminescence emission behavior on the reduced band gap of Fe-doping in CeO₂-SiO₂ nanocomposite and photophysical properties // *Journal of Saudi Chemical Society*. – 2019. – Vol. 23, No. 5. – P. 561–575. – DOI: 10.1016/j.jscs.2018.10.002.
 10. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Структура та властивості керамічних матеріалів» (для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О. В. Саввова, Г. К. Воронов, О. І. Фесенко, Ю. О. Смирнова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 38 с.