



Робоча програма навчальної дисципліни «Сучасні методи хімічного аналізу» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Середня освіта (Хімія, біологія та здоров'я людини)» за предметними спеціальностями А4.06 Середня освіта (Хімія), А4.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини) галузі знань А Освіта.

Розробники:

**Руслан СИМЧАК** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка,

**Володимир ХОМЕНЧУК** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри хімії та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

### 1. Опис навчальної дисципліни

|     |                             |                                                                   |
|-----|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Освітня програма            | Середня освіта (Хімія, біологія та здоров'я людини)               |
| 2.  | Спеціальність               | A4 Середня освіта (за предметними спеціальностями)                |
| 3.  | Галузь знань                | A Освіта                                                          |
| 4.  | Рівень вищої освіти         | другий (магістерський)                                            |
| 5.  | Форма навчання              | очна (денна), заочна                                              |
| 6.  | Статус дисципліни           | обов'язкова                                                       |
| 7.  | Мова навчання               | українська                                                        |
| 8.  | Курс                        | перший                                                            |
| 9.  | Семестр                     | другий                                                            |
| 10. | Обсяг дисципліни в кредитах | 3 кредити                                                         |
| 11. | Загальна кількість годин    | 90 год                                                            |
| 12. | Кількість змістових модулів | —                                                                 |
| 13. | Аудиторні заняття (год)     | денна форма навчання – 30 год,<br>заочна форма навчання – 18 год. |
| 14. | Лекції (год)                | денна форма навчання – 10 год,<br>заочна форма навчання – 6 год.  |
| 15. | Лабораторні заняття (год)   | денна форма навчання – 20 год,<br>заочна форма навчання – 12 год  |
| 16. | Самостійна робота (год)     | денна форма навчання – 60 год,<br>заочна форма навчання – 72 год  |
| 17. | Вид ІНДЗ                    | —                                                                 |
| 18. | Форма підсумкового контролю | залік                                                             |

Частка годин аудиторних занять становить:

для денної форми навчання – 33,3%; для заочної форми навчання – 20%

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 33,3% до 66,7%

для заочної форми навчання – 20% до 80%

### 2. Мета навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Сучасні методи хімічного аналізу» є формування у здобувачів освіти системних теоретичних знань і практичних умінь щодо сучасних підходів, методів та інструментальних засобів якісного і кількісного хімічного аналізу, принципів їх функціонування, можливостей та сфер застосування; розвиток здатності обґрунтовано обирати оптимальні аналітичні методи відповідно до властивостей об'єкта та поставлених дослідницьких завдань, здійснювати підготовку проб, проводити аналітичні вимірювання, обробляти й інтерпретувати отримані результати та оцінювати їх достовірність і метрологічні характеристики.

### 3. Компетентності та результати навчання

Вивчення дисципліни передбачає формування у здобувачів таких компетентностей:

**ЗК 2.** Здатність цінувати українську національну культуру, виражати національну та громадянську ідентичність, виявляти толерантне ставлення до різних думок і поглядів в умовах полікультурного середовища; зберігати й примножувати моральні та наукові цінності на основі розуміння закономірностей розвитку предметної галузі, їх значення у розвитку суспільства, техніки й технологій.

**ЗК 4.** Здатність до системного, критичного мислення та прийняття конструктивних рішень на основі сформованих загальнолюдських цінностей, логічних аргументів та перевірених фактів.

**СК 2.** Здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук і критично оцінювати інформацію, оперувати нею в професійній діяльності; ефективно використовувати цифрові ресурси і технології в освітньому процесі з хімії, біології, інтегрованих курсів та за потреби створювати нові.

**СК 11.** Здатність до інноваційної діяльності, інтегрування освітніх/наукових інновацій у власну педагогічну практику.

Вивчення навчальної дисципліни забезпечує досягнення здобувачами освіти таких програмних результатів навчання:

**РН 2.** Оперувати знаннями методології наукового пізнання як концептуальної основи професійної/інноваційної діяльності вчителя навчальних предметів хімії і біології, інтегрованих курсів; розуміти загальні тенденції й закономірності розвитку психологічної, педагогічної, хімічної і біологічної наук, їх роль для досягнення Глобальних цілей сталого розвитку, зокрема, якісної освіти, міцного здоров'я, гендерної рівності, партнерства заради сталого розвитку.

**РН 8.** Моделювати зміст навчальних предметів хімії і біології, інтегрованих курсів, адаптовувати його до потреб здобувачів освіти; створювати умови для формування і розвитку в них ключових компетентностей і наскрізних умінь; застосовувати міжпредметні зв'язки й інтеграцію змісту природничої та соціальної і здоров'язбережувальної освітніх галузей ЗЗСО, навчальних предметів/інтегрованих курсів.

**РН 10.** Організовувати навчання хімії і біології, інтегрованих курсів через дослідницьку діяльність; добирати доцільні форми, методи, прийоми й засоби для здійснення дослідницької діяльності здобувачами і представлення ними досягнутих результатів; створювати осередки навчання, виховання й розвитку.

**РН 15.** Виконувати трудові функції сучасного педагога; створювати здоров'язбережувальне освітнє середовище з урахуванням правил безпеки життєдіяльності та дій у надзвичайних ситуаціях, протидії булінгу, різним проявам насильства та дискримінації; залучати інших суб'єктів освітнього середовища (батьки, опікуни, громада) щодо освітніх проблем, стратегії Глобальних цілей сталого розвитку, популяризації природничої освіти.

**РН 19.** Виявляти авторитетність, інноваційність, самостійність і автономію, дотримуватися принципів неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів недоброчесності; надавати пріоритетність розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної діяльності.

#### **4. Передумови для вивчення навчальної дисципліни**

Передумовами для вивчення навчальної дисципліни «Сучасні методи хімічного аналізу» є сформовані в здобувачів вищої освіти знання з аналітичної та фізичної хімії, основ фізики, математики та статистичної обробки експериментальних даних. Необхідними є також базові навички проведення хімічного експерименту, роботи з лабораторним та вимірювальним обладнанням, підготовки зразків, виконання якісного і кількісного аналізу, дотримання вимог техніки безпеки, а також обробки та інтерпретації результатів досліджень.

### **5. Програма навчальної дисципліни**

#### **5.1. Зміст навчальної дисципліни**

##### **Тема 1. Загальна характеристика та теоретичні основи електрохімічних методів аналізу**

Загальна характеристика електрохімічних методів аналізу. Їх класифікація. Вимірювання потенціалу. Класифікація електродів та гальванічних елементів. Електрохімічні комірки. Оборотні й необоротні електрохімічні реакції. Чутливість і селективність

електрохімічних методів аналізу. Метрологічні характеристики електрохімічних методів аналізу.

### **Тема 2. Кондуктометрія і потенціометрія.**

Загальна характеристика методу кондуктометрії. Електропровідність розчинів. Закон Кольрауша. Установки для визначення електропровідності. Пряма кондуктометрія і кондуктометричне титрування. Високочастотне кондуктометричне титрування.

Пряма потенціометрія. Класифікація і характеристика електродів. Індикаторні електроди та електроди порівняння. Йонометрія – основні поняття й принципи методу. Класифікація йоноселективних електродів. Коефіцієнт селективності. Потенціометричне визначення кислотності середовища (рН), флуоридів, нітратів і деяких інших йонів (натрію, калію) із застосуванням йоноселективних електродів. Визначення концентрації методом градування електрода та методом добавок. Потенціометричне титрування. Вимоги до хімічних і електрохімічних (індикаторних) реакцій. Використання реакцій різного типу: кислотно-основних, осадження, комплексоутворення і окиснення-відновлення. Індикаторні електроди й електроди порівняння для потенціометричного титрування. Принципова схема потенціометра, рН-метри та йономери. Практичне застосування методу.

### **Тема 3. Вольтамперометрія. Амперометричне титрування**

Полярографічний метод аналізу. Полярографічна комірка. Індикаторний електрод і електроди порівняння. Індикаторні електроди у вольтамперометрії. Одержання і характеристики полярограми. Рівняння Ільковича. Рівняння полярографічної хвилі. Потенціал напівхвилі. Якісний і кількісний полярографічний аналіз. Можливості, переваги та недоліки полярографічного аналізу. Сучасні різновиди полярографії. Приклади практичного застосування полярографії для визначення основних компонентів і домішок у мінералах, рудах, природних водах, і екологічних об'єктах.

Сутність методу. Індикаторні електроди. Вибір потенціалу індикаторного електрода. Види кривих титрування. Приклади практичного використання амперометричного титрування.

### **Тема 4. Електроліз і кулонометрія**

Теоретичні основи методу. Потенціал розкладу і перенапряга. Електрогравіметричний аналіз. Пряма кулонометрія й кулонометричне титрування. Визначення кінцевої точки титрування. Електрохімічна генерація титрантів. Практичне застосування методу, його переваги та недоліки. Визначення малих кількостей кислоти, лугу, визначення окисників та ін.

### **Тема 5. Атомна емісійна та атомно-абсорбційна спектроскопія**

Емісійні спектри. Джерела збудження атомів. Полум'я як джерело збудження. Процеси, що протікають у полум'ї. Фактори, що впливають на ступінь атомізації. Фактори, що впливають на інтенсивність спектральних ліній. Якісний і кількісний аналіз.

Приклади практичного застосування емісійних методів аналізу. Визначення лужних і лужноземельних елементів. Визначення слідів металів у гірських породах, рудах, мінералах, воді. Застосування атомно-емісійних методів у дослідженнях з охорони навколишнього середовища.

Основи методу атомно-абсорбційної спектроскопії. Закон поглинання електромагнітного випромінювання. Способи атомізації (полум'яна й електротермічна атомізація). Джерела випромінювання, їх характеристики. Можливості, переваги й недоліки методу. Приклади практичного застосування атомно-абсорбційного методу.

### **Тема 6. Молекулярна абсорбційна спектроскопія (спектрофотометрія)**

Теоретичні основи спектрофотометричного методу аналізу. Основний закон світлопоглинання Бугера-Ламберта-Бера. Молярний коефіцієнт поглинання. Причини відхилення від закону поглинання. Способи визначення концентрацій фотометричним методом: метод градуировочного графіка, метод добавок, метод диференціальної фотометрії.

Вибір оптимальних умов проведення фотометричної реакції. Етапи фотометричного аналізу. Фотометричне визначення деяких елементів (заліза, титану, ніколу, фосфору, силіцію та ін.). Поглинання в ультрафіолетовій та видимій областях.

УФ-спектроскопія та її практичне використання.

Характеристика теоретичних основ інфрачервоної спектроскопії: коливання атомів в просторі, взаємодія коливань, геометрія молекул. Інфрачервоні спектри поглинання. Підготовка проб, апаратура та якісний і кількісний аналіз в ІЧ-спектроскопії. Оптична схема ІЧ-спектрофотометра. Інтерпретація спектрів за характеристичними частотами органічних молекул.

### **Тема 7. Люмінесценція та люмінесцентний аналіз. Інші спектральні і оптичні методи аналізу**

Люмінесценція і її основні характеристики. Різні види люмінесценції і їхня класифікація. Основні закономірності молекулярної люмінесценції. Закон Стокса-Ломмеля. Правило дзеркальної симетрії спектрів поглинання й люмінесценції. Приклади практичного застосування (визначення рідкоземельних елементів, урану, алюмінію та ін.). Спектри комбінаційного розсіювання. Радіоспектроскопія. Рефрактометричні та поляриметричні методи аналізу. Нефелометрія і турбідиметрія.

### **Тема 8. Спектроскопія магнітного резонансу**

Основні принципи спектроскопії ядерно-магнітного резонансу (ЯМР). Основні параметри ЯМР-спектрів: число сигналів, положення сигналів, інтенсивність сигналів, розщеплення сигналів. Хімічний зсув і спин-спінова взаємодія. Апаратура для ЯМР-досліджень та застосування даного методу для встановлення будови органічних сполук. Застосування зсуваючих агентів в ЯМР. ЯМР-спектри на ядрах  $^{19}\text{F}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ . Електронний парамагнітний резонанс (ЕПР).

### **Тема 9. Мас-спектроскопія та кінетичні методи аналізу**

Теоретичні основи мас-спектроскопії. Якісний і кількісний аналіз в мас-спектроскопії. Визначення молекулярної формули речовини за даними мас-спектрів. Основні методи, прийоми і застосування кінетичних методів аналізу.

### **Тема 10. Газова хроматографія**

Адсорбція речовини як основа хроматографії. Теоретичні основи хроматографічного методу. Класифікація хроматографічних методів. Хроматографічний пік і характеристики елюювання. Основні вузли приладів для хроматографічного аналізу. Нерухома фаза і нерухома рідка фаза. Газ-носії, введення зразків та детектування піків в газохроматографічному аналізі. Програмування температури. Подвійне детектування. Якісний і кількісний газохроматографічний аналіз. Газова хроматографія у гібридних методах.

### **Тема 11. Рідинна хроматографія**

Види рідинної хроматографії. Рідинно-твердофазна хроматографія. Йонообмінна хроматографія. Йон-парна та гель-хроматографія. Градієнтне елюювання. Апаратура та практичне застосування рідинної хроматографії.

## 5.2. Структура навчальної дисципліни

| Назви тем                                                                                 | кількість годин |              |                     |                   |              |              |                     |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|---------------------|-------------------|--------------|--------------|---------------------|-------------------|
|                                                                                           | денна форма     |              |                     |                   | заочна форма |              |                     |                   |
|                                                                                           | усього          | у тому числі |                     |                   | усього       | у тому числі |                     |                   |
|                                                                                           |                 | лекції       | лабораторні заняття | самостійна робота |              | лекції       | лабораторні заняття | самостійна робота |
| Тема 1. Загальна характеристика та теоретичні основи електрохімічних методів аналізу      | 9               | 1            | –                   | 8                 | 9            | –            | –                   | 9                 |
| Тема 2. Кондуктометрія і потенціометрія                                                   | 11              | 1            | 4                   | 6                 | 11           | –            | 4                   | 7                 |
| Тема 3. Вольтамперометрія. Амперометричне титрування                                      | 11              | 2            | 2                   | 7                 | 13           | 2            | 2                   | 9                 |
| Тема 4. Електроліз і кулонометрія                                                         | 9               | –            | 2                   | 7                 | 11           | –            | 2                   | 9                 |
| Тема 5. Атомна емісійна та атомно-абсорбційна спектроскопія                               | 8               | –            | 2                   | 6                 | 7            | –            | –                   | 7                 |
| Тема 6. Молекулярна абсорбційна спектроскопія (спектрофотометрія)                         | 8               | 2            | 4                   | 2                 | 6            | 2            | 2                   | 2                 |
| Тема 7. Люмінесценція та люмінесцентний аналіз. Інші спектральні і оптичні методи аналізу | 8               | –            | 2                   | 6                 | 10           | –            | 2                   | 8                 |
| Тема 8. Спектроскопія магнітного резонансу                                                | 10              | 2            | 2                   | 6                 | 9            | 2            | –                   | 7                 |
| Тема 9. Мас-спектроскопія та кінетичні методи аналізу                                     | 5               | –            | –                   | 5                 | 6            | –            | –                   | 6                 |
| Тема 10. Газова хроматографія                                                             | 6               | 1            | 2                   | 3                 | 3            | –            | –                   | 3                 |
| Тема 11. Рідинна хроматографія                                                            | 5               | 1            | –                   | 4                 | 5            | –            | –                   | 5                 |
| <b>Всього годин</b>                                                                       | <b>90</b>       | <b>10</b>    | <b>20</b>           | <b>60</b>         | <b>90</b>    | <b>6</b>     | <b>12</b>           | <b>72</b>         |

## 5.3. Теми лекцій

| № теми              | Назва теми                                                                                                            | кількість годин |              |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
|                     |                                                                                                                       | денна форма     | заочна форма |
| 1–2                 | Тема 1. Загальна характеристика та теоретичні основи електрохімічних методів аналізу. Кондуктометрія і потенціометрія | 2               | –            |
| 3                   | Тема 2. Вольтамперометрія. Амперометричне титрування                                                                  | 2               | 2            |
| 6                   | Тема 3. Молекулярна абсорбційна спектроскопія (спектрофотометрія)                                                     | 2               | 2            |
| 8                   | Тема 4. Спектроскопія магнітного резонансу                                                                            | 2               | 2            |
| 10–11               | Тема 5. Газова та рідинна хроматографія                                                                               | 2               | –            |
| <b>Всього годин</b> |                                                                                                                       | <b>10</b>       | <b>6</b>     |

## 5.4. Теми лабораторних занять

| № теми              | Назва теми                                                                                                                                                                                                                                           | Кількість годин |              |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
|                     |                                                                                                                                                                                                                                                      | денна форма     | заочна форма |
| 2                   | Кондуктометричні методи аналізу. Побудова кривих кондуктометричного титрування. Визначення ступеня і константи дисоціації слабкої кислоти.                                                                                                           | 2               | 2            |
| 2                   | Потенціометричний метод аналізу. Потенціометричне визначення рН розчинів і потенціометричне титрування.                                                                                                                                              | 2               | 2            |
| 3                   | Вольтамперометричні методи аналізу (полярографія і амперометричне титрування).                                                                                                                                                                       | 2               | 2            |
| 4                   | Кулонометричний аналіз. Визначення йонів Cu(II) методом непрямой кулонометрії.                                                                                                                                                                       | 2               | 2            |
| 5                   | Емісійна та абсорбційна спектроскопія. Колориметричні методи аналізу. Визначення концентрації кобальту (II) у водних розчинах методом фотоелектроколориметрії.                                                                                       | 2               | –            |
| 6                   | Спектроскопія в ультрафіолетовій ділянці спектру. Аналіз УФ-спектрів. Методика вимірювання оптичної густини та реєстрації УФ-спектрів. Спектрофотометричне визначення вмісту резорцину у препараті.                                                  | 2               | –            |
| 6                   | ІЧ-спектроскопія. Методика зняття ІЧ-спектрів в тонкому шарі та дослідження твердих зразків. Розшифрування ІЧ-спектрів органічних сполук.                                                                                                            | 2               | 2            |
| 7                   | Рефрактометрія і поляриметрія. Рефрактометричне визначення концентрації глюкози у водних розчинах.                                                                                                                                                   | 2               | 2            |
| 8                   | Теоретичні основи спектроскопії ядерно-магнітного резонансу. Аналіз $^1\text{H}$ ЯМР спектрів органічних сполук. Визначення величин хімічних зсувів, констант спін-спінової взаємодії та віднесення сигналів протонів до певних функціональних груп. | 2               | –            |
| 10                  | Газова хроматографія. Принцип роботи газового хроматографа. Якісний ГРХ-аналіз сумішей органічних розчинників. Кількісний аналіз у газовій хроматографії. Метод внутрішнього стандарту                                                               | 2               | –            |
| <b>Всього годин</b> |                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>20</b>       | <b>12</b>    |

## 5.5. Самостійна робота

| № теми | Назва теми                                                                                                                                                                                                                                                          | Кількість годин |              |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                     | денна форма     | заочна форма |
| 1      | <b>Класифікація електрохімічних методів аналізу.</b><br><i>Завдання: підготувати інформаційне повідомлення, у якому охарактеризувати основні групи електрохімічних методів, їх теоретичні основи, аналітичні сигнали, переваги, недоліки та сфери застосування.</i> | 2               | 2            |
| 1      | <b>Електродні процеси в електрохімічному аналізі.</b><br><i>Завдання: підготувати порівняльну таблицю про роль електродного потенціалу, окисно-відновних процесів та рівняння Нернста у кількісному визначенні речовин.</i>                                         | 2               | 2            |
| 1      | <b>Електрохімічні методи в сучасному хімічному аналізі.</b>                                                                                                                                                                                                         | 4               | 5            |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
|   | <i>Завдання: здійснити пошук і проаналізувати 2–3 сучасні наукові публікації, у яких використано електрохімічні методи аналізу. Для кожної роботи визначити об'єкт дослідження, використаний метод, аналітичний сигнал, визначувані речовини, межу виявлення та практичне значення отриманих результатів. Результати представити у вигляді короткого аналітичного огляду.</i>                                                                                        |   |   |
| 2 | <b>Порівняльна характеристика кондуктометрії та потенціометрії.</b><br><i>Завдання: підготувати порівняльну таблицю про методи за принципом аналізу, типом аналітичного сигналу, обладнанням, чутливістю, селективністю та сферами застосування.</i>                                                                                                                                                                                                                 | 2 | 2 |
| 2 | <b>Сучасне застосування методів кондуктометрії або потенціометрії.</b><br><i>Завдання: проаналізувати 2–3 сучасні наукові публікації, присвячені застосуванню кондуктометрії або потенціометрії для аналізу води, харчових продуктів, біологічних об'єктів, лікарських засобів чи об'єктів довкілля. Охарактеризувати об'єкт аналізу, методику, аналітичний сигнал та практичне значення методу. Результати представити у вигляді короткого аналітичного огляду.</i> | 4 | 5 |
| 3 | <b>Амперометричне титрування.</b><br><i>Завдання: підготувати мініпроект, у якому розкрити принцип амперометричного титрування та проаналізувати типи кривих титрування. Пояснити способи визначення точки еквівалентності та чинники, що впливають на точність аналізу.</i>                                                                                                                                                                                         | 3 | 4 |
| 3 | <b>Практичне застосування вольтамперометрії.</b><br><i>Завдання: проаналізувати 2–3 сучасні наукові публікації щодо використання вольтамперометричних методів для визначення важких металів, фармацевтичних речовин, біологічно активних сполук або забруднювачів довкілля. Оцінити чутливість, селективність і межу виявлення запропонованих методів. Результати представити у вигляді короткого аналітичного огляду.</i>                                           | 4 | 5 |
| 4 | <b>Сучасні застосування кулонометрії.</b><br><i>Завдання: проаналізувати 2–3 сучасні наукові публікації щодо використання кулонометричних методів у фармацевтичному, екологічному, харчовому або біоаналітичному дослідженні. Охарактеризувати об'єкт аналізу, принцип визначення та основні аналітичні характеристики методу. Результати представити у вигляді короткого аналітичного огляду.</i>                                                                   | 4 | 5 |
| 4 | <b>Порівняльна характеристика електрохімічних методів.</b><br><i>Завдання: підготувати мініпроект, у якому порівняти електроліз, кулонометрію, потенціометрію та вольтамперометрію за принципом методу, аналітичним сигналом, точністю, чутливістю, перевагами, недоліками та сферами застосування.</i>                                                                                                                                                              | 3 | 4 |
| 5 | <b>Порівняльна характеристика кондуктометрії та потенціометрії.</b><br><i>Завдання: підготувати порівняльну таблицю про методи за принципом аналізу, типом аналітичного сигналу, обладнанням, чутливістю, селективністю та сферами застосування.</i>                                                                                                                                                                                                                 | 2 | 2 |
| 5 | <b>Сучасне застосування атомної спектроскопії.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4 | 5 |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
|    | <i>Завдання: проаналізувати 2–3 сучасні наукові публікації щодо застосування атомно-емісійної або атомно-абсорбційної спектроскопії для визначення елементного складу природних вод, ґрунтів, харчових продуктів, лікарських засобів або біологічних об'єктів. Оцінити аналітичні характеристики використаних методів. Результати представити у вигляді короткого аналітичного огляду.</i> |   |   |
| 6  | <b>Закон Бугера–Ламберта–Бера в кількісному аналізі.</b><br><i>Завдання: підготувати реферат про умови застосування закону, причини відхилень від лінійної залежності та виконати розрахунки концентрації речовини за даними спектрофотометричних вимірювань.</i>                                                                                                                          | 1 | 1 |
| 6  | <b>Методи кількісної спектрофотометрії.</b><br><i>Завдання: підготувати порівняльну таблицю про метод градувального графіка, метод стандарту та метод добавок і визначити доцільність їх використання для різних типів аналітичних об'єктів.</i>                                                                                                                                           | 1 | 1 |
| 7  | <b>Порівняльна характеристика спектральних методів.</b><br><i>Завдання: підготувати мініпроект про порівняння люмінесцентного аналізу, спектрофотометрії, атомно-абсорбційної та атомно-емісійної спектроскопії за принципом, аналітичним сигналом, чутливістю, селективністю, перевагами, недоліками та сферами застосування.</i>                                                         | 3 | 4 |
| 7  | <b>Інші оптичні методи аналізу.</b><br><i>Завдання: на вибір підготувати мініпроект про рефрактометрію, поляриметрию та турбідиметрію/нефелометрію. Для кожного методу визначити фізичну основу, вимірюваний параметр, основні сфери застосування та обмеження.</i>                                                                                                                        | 3 | 4 |
| 8  | <b>ЯМР-спектроскопія.</b><br><i>Завдання: підготувати мініпроект або реферат (на вибір) про принцип роботи ЯМР-спектрометра та основні елементи його будови. Розкрити поняття хімічного зсуву, спин-спінової взаємодії та інтегральної інтенсивності сигналів.</i>                                                                                                                         | 3 | 4 |
| 8  | <b>Інтерпретація спектрів ЯМР.</b><br><i>Завдання: підготувати мініпроект про основні типи сигналів у спектрах <math>^1\text{H}</math> та <math>^{13}\text{C}</math> ЯМР та структурну інформацію, яку вони дають.</i>                                                                                                                                                                     | 3 | 3 |
| 9  | <b>Основи мас-спектрометричного аналізу.</b><br><i>Завдання: підготувати інформаційне повідомлення про способи іонізації, типи мас-аналізаторів та принцип формування мас-спектра. Проаналізувати молекулярний іон та основні фрагменти.</i>                                                                                                                                               | 1 | 1 |
| 9  | <b>Сучасне застосування мас-спектрометрії та кінетичних методів.</b><br><i>Завдання: проаналізувати сучасні приклади їх використання у фармацевтичному, біологічному, екологічному або харчовому аналізі. Результати представити у вигляді короткого аналітичного огляду.</i>                                                                                                              | 4 | 5 |
| 10 | <b>Теоретичні основи та параметри газової хроматографії.</b><br><i>Завдання: підготувати інформаційне повідомлення про час утримування, селективність, ефективність колонки та роздільну здатність. Виконати розрахунки за заданою хроматограмою.</i>                                                                                                                                      | 2 | 2 |

|              |                                                                                                                                                                                                                                             |           |           |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| 10           | <b>Вибір умов газохроматографічного аналізу.</b><br><i>Завдання: підготувати інформаційне повідомлення, у якому обґрунтувати вибір типу колонки, газу-носія та детектора для аналізу заданої суміші летких органічних сполук.</i>           | 1         | 1         |
| 11           | <b>Високоєфективна рідинна хроматографія.</b><br><i>Завдання: підготувати мініпроєкт про принцип роботи ВЕРХ/HPLC, основні компоненти хроматографа та їх функції.</i>                                                                       | 3         | 4         |
| 11           | <b>Вибір умов рідинно-хроматографічного аналізу.</b><br><i>Завдання: підготувати інформаційне повідомлення, у якому обґрунтувати вибір типу колонки, рухомої фази, режиму елюювання та детектора для аналізу багатокомпонентної суміші.</i> | 1         | 1         |
| <b>Разом</b> |                                                                                                                                                                                                                                             | <b>60</b> | <b>72</b> |

## 6.Форми та методи навчання

**Форми навчання:** лекційні заняття; лабораторні заняття; самостійна робота здобувачів вищої освіти; індивідуальна робота; консультації; виконання мініпроєктів.

### Методи навчання:

*словесні:* лекція, пояснення, дискусія, обговорення наукової літератури, проблемний виклад матеріалу;

*наочні:* демонстрація схем, приладів та принципів роботи аналітичного обладнання, використання презентацій, відеоматеріалів, спектрів, хроматограм та інших графічних матеріалів;

*практичні:* виконання лабораторних і розрахункових завдань, робота з результатами хімічного аналізу, інтерпретація спектрів і хроматограм, обробка експериментальних даних;

*проблемно-пошукові:* аналіз проблемних ситуацій, постановка та розв'язання аналітичних задач, визначення оптимального методу аналізу для конкретного об'єкта;

*дослідницькі:* пошук, аналіз та критичне оцінювання наукових публікацій, самостійне планування аналітичного дослідження, інтерпретація отриманих результатів;

*інтерактивні:* кейс-метод, взаємне рецензування результатів роботи;

*цифрові:* використання спеціалізованого програмного забезпечення для обробки та візуалізації аналітичних даних, електронних баз наукової інформації, віртуальних лабораторій та цифрових ресурсів.

Вивчення навчальної дисципліни «Сучасні методи хімічного аналізу» та застосування різноманітних форм і методів навчання сприяють формуванню у здобувачів не лише професійних компетентностей, а й м'яких навичок (soft skills).

Зокрема, лекційні та лабораторні заняття, дискусії, обговорення наукових публікацій сприяють розвитку критичного та аналітичного мислення, уміння аргументовано висловлювати власну позицію, ставити запитання, аналізувати та оцінювати наукову інформацію.

Обговорення результатів розвивають комунікативні навички, командну роботу, взаємодію, уміння розподіляти обов'язки та досягати спільного результату.

Самостійна робота, зокрема пошук і критичний аналіз сучасної наукової літератури, сприяє розвитку самоорганізації, тайм-менеджменту, інформаційної та цифрової грамотності, академічної доброчесності, а також навичок самостійного навчання впродовж життя.

Розв'язування розрахункових задач, аналіз спектрів, хроматограм та експериментальних даних сприяють розвитку логічного мислення, здатності працювати з інформацією, точності, уважності до деталей та навичок прийняття обґрунтованих рішень.

Презентація результатів самостійної та дослідницької роботи формує навички публічного виступу, наукової комунікації, структурованого представлення інформації та аргументації власних висновків.

### **7. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

У процесі вивчення дисципліни «Сучасні методи хімічного аналізу» використовуються наступні засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування;
- оцінювання протоколів лабораторних робіт;
- оцінювання письмових робіт;
- стандартизовані тести;
- презентації результатів виконаних завдань самостійної роботи;
- виступи на наукових заходах.

### **8. Форми контролю**

У процесі вивчення дисципліни «Сучасні методи хімічного аналізу» використовуються такі форми контролю:

- поточний контроль здійснюється у формі оцінювання результатів навчальної діяльності студентів на лабораторних заняттях та виконання ними завдань самостійної роботи;
- підсумковий контроль проводиться у формі заліку у термін, визначений графіком підсумкового контролю.

### **9. Критерії та порядок оцінювання результатів навчання. Політика оцінювання**

#### **Критерії оцінювання лабораторного заняття (денна форма навчання)**

За роботу на лабораторному занятті студент може отримати максимум **5 балів**.

**5 балів:** студент демонструє ґрунтовні знання матеріалу лабораторного заняття в повному обсязі, вміє вільно висловлювати думку з проблемних питань заняття, виявляє креативність у розумінні і творчому використанні набутих знань та умінь.

**4 бали:** студент демонструє повні, систематичні знань з лабораторного заняття, вміє вільно висловлювати думку з проблемних питань заняття, самостійно аналізує методи, явища, факти, однак при викладі матеріалу студент допускає несуттєві помилки.

**3 бали:** студент демонструє знання основного матеріалу в обсязі, достатньому для подальшого навчання і майбутньої фахової діяльності, поверхневу обізнаність у проблемних питань лабораторного заняття, допускає суттєві помилки при викладі матеріалу, але спроможний усунути їх із допомогою викладача.

**2 бали:** студент демонструє фрагментарні знання матеріалу лабораторного заняття, що складає менше 50% необхідного обсягу, не вміє логічно висловлюватися.

**1 бал:** студент демонструє фрагментарні знання лабораторного заняття, які є частково правильними; відповідь містить грубі помилки у аналізі явищ, фактів, використанні термінології, відзначається порушенням логіки викладу, неаргументованим висвітленням проблеми.

**0 балів:** студент не володіє знаннями з лабораторного заняття, відповідь неправильна або відсутня взагалі.

#### **Критерії оцінювання лабораторного заняття (заочна форма навчання)**

За роботу на лабораторному занятті студент може отримати максимум **6 балів**.

**6 балів:** студент демонструє ґрунтовні знання матеріалу лабораторного заняття в повному обсязі, вміє вільно висловлювати думку з проблемних питань заняття, виявляє креативність у розумінні і творчому використанні набутих знань та умінь.

**5 балів:** студент демонструє ґрунтовні знання матеріалу лабораторного заняття в повному обсязі, вміє вільно висловлювати думку з проблемних питань заняття.

**4 бали:** студент демонструє повні, систематичні знань з лабораторного заняття, вміє вільно висловлювати думку з проблемних питань заняття, самостійно аналізує методи, явища, факти, однак при викладі матеріалу студент допускає несуттєві помилки.

**3 бали:** студент демонструє знання основного матеріалу в обсязі, достатньому для подальшого навчання і майбутньої фахової діяльності, поверхневу обізнаність у проблемних

питань лабораторного заняття, допускає суттєві помилки при викладі матеріалу, але спроможний усунути їх із допомогою викладача.

**2 бали:** студент демонструє фрагментарні знання матеріалу лабораторного заняття, що складає менше 50% необхідного обсягу, не вміє логічно висловлюватися.

**1 бал:** студент демонструє фрагментарні знання лабораторного заняття, які є частково правильними; відповідь містить грубі помилки у аналізі явищ, фактів, використанні термінології, відзначається порушенням логіки викладу, неаргументованим висвітленням проблеми.

**0 балів:** студент не володіє знаннями з лабораторного заняття, відповідь неправильна або відсутня взагалі.

#### **Критерії оцінювання самостійної роботи (денна форма навчання)**

За самостійну роботу здобувач вищої освіти може отримати **50 балів**:

- **30 балів** – оцінювання інформаційного повідомлення, есе тощо за відповідними темами,
- **20 балів** – тестовий контроль у системі Moodle.

#### **Критерії оцінювання самостійної роботи (заочна форма навчання)**

За самостійну роботу здобувач вищої освіти може отримати **64 бали**:

- **39 балів** – оцінювання інформаційного повідомлення, есе тощо за відповідними темами,
- **25 балів** – тестовий контроль у системі Moodle.

#### **Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (денна форма навчання)**

| Поточне оцінювання |    |    |    |    |    |    |    |    |     | Сума |
|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
| Л1                 | Л2 | Л3 | Л4 | Л5 | Л6 | Л7 | Л8 | Л9 | Л10 |      |
| 5                  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 50   |

*Примітки:* Л – лабораторна робота, С. р. – самостійна робота.

#### **Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (заочна форма навчання)**

| Поточне оцінювання |    |    |    |    |    |       | Сума |
|--------------------|----|----|----|----|----|-------|------|
| Л1                 | Л2 | Л3 | Л4 | Л7 | Л8 | С. р. |      |
| 6                  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 64    | 100  |

*Примітки:* Л – лабораторна робота, С. р. – самостійна робота.

#### **Шкала оцінювання: національна та ЄКТС**

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS          | Оцінка за національною шкалою                               |  |
|----------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|--|
|                                              |                      | для заліку                                                  |  |
| 90–100                                       | <b>A</b>             | зараховано                                                  |  |
| 82–89                                        | <b>B</b>             |                                                             |  |
| 75–81                                        | <b>C</b>             |                                                             |  |
| 64–74                                        | <b>D</b>             |                                                             |  |
| 60–63                                        | <b>E</b>             |                                                             |  |
| 35–59                                        | <b>F<sub>x</sub></b> | не зараховано з можливістю повторного складання             |  |
| 0–34                                         | <b>F</b>             | не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |  |

**Політика щодо дедлайнів та перескладання:** перескладання модулів відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин.

У випадку виникнення **конфліктних ситуацій**, керуватися нормами «Положення щодо врегулювання конфліктних ситуацій у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка».

**Політика щодо академічної доброчесності:** обов'язково дотримуватися «Положення про академічну доброчесність та етику академічних взаємовідносин у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка» Списування під час розв'язання тестових завдань та написання контрольних робіт є забороненим. Доцільність та дозвіл використання мобільних пристроїв визначається викладачем у кожному конкретному випадку під час підготовки практичних завдань в процесі заняття.

**Політика щодо відвідування:** відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, дуальна форма здобуття освіти, працевлаштування, міжнародне стажування) навчання може відбуватись в онлайн форматі за погодженням із керівником курсу.

### **10. Політика використання ШІ в межах навчальної дисципліни**

Під час вивчення навчальної дисципліни «Сучасні методи хімічного аналізу» допускається етичне та відповідальне використання систем штучного інтелекту (ШІ) як допоміжного інструменту для пошуку й опрацювання інформації, пояснення складних теоретичних положень, аналізу та візуалізації експериментальних даних. Використання систем ШІ не повинно замінювати самостійну пізнавальну, аналітичну та дослідницьку діяльність здобувача освіти.

У випадку використання ШІ для генерації окремих фрагментів тексту та/або підготовки до занять здобувач зобов'язаний вказати це у списку використаних джерел (назва моделі, версія, розробник, дата запиту) та, за можливості, додати текст запиту у додатки до роботи.

Під час використання систем ШІ необхідно дотримуватися принципів академічної доброчесності, академічної та професійної етики, авторського права, конфіденційності, достовірності інформації та відповідального використання цифрових технологій. Не допускається подання згенерованого системою ШІ контенту як результату власної самостійної роботи без відповідного зазначення факту його використання, якщо це суперечить умовам конкретного завдання.

Використання систем ШІ в освітньому процесі здійснюється відповідно до «Політики використання штучного інтелекту у науково-технічній та інноваційній діяльності Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка», а також інших чинних нормативних документів університету.

### **11. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна**

1. Робоча програма з навчальної дисципліни «Сучасні методи хімічного аналізу».
2. Підручники та збірники задач з фізико-хімічних методів аналізу і аналітичної хімії.
3. Тексти лекцій та презентації до лекційного курсу.
4. Пакет тестових завдань.

### **12. Рекомендована література**

#### *Основна*

1. Зінчук В.К., Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Фізико-хімічні методи аналізу: навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 362 с.
2. Мельничук Д.О. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навчальний посібник для підготовки студентів вищих навчальних закладів. К.: ЦП «Компринт», 2016. 289 с.
3. Скопенко В. В., Зуб В. Я., Фрицький І. О., Лампека Р. Д. Експериментальні методи в координаційній хімії. К.: Видавництво КНУ, 2008. 447 с.
4. Скоробогатий Я.П. Фізико-хімічні методи аналізу. Підручник. Львів: Каменярь, 1993. 164 с.

5. Фізико-хімічні методи ідентифікації органічних сполук : скорочений конспект лекцій для студентів спеціальності «Хімія» / укл.: Юсіна Г.Л. Краматорськ : ДДМА, 2020. 56 с.
6. Чмиленко Ф. О., Жук Л. П. Спектрофотометричні методи аналізу. Донецьк: ДНУ, 2002. 80 с.
7. Analytical Sciences Digital Library. Peer-reviewed resources for teaching analytical chemistry. URL: <https://asdlib.org/>.
8. Bard A. J., Faulkner L. R., White H. S. Electrochemical methods: fundamentals and applications. 3rd ed. John Wiley & Sons, 2022. 1104 p.
9. Comprehensive Coordination Chemistry II / Ed. A.B.P.Lever / Elsevier, 2003, Vol. 1-9. P. 300.
10. Harvey D. Modern analytical chemistry. Quebecor Printing Book Group. 1956. P. 798.

#### Допоміжна

1. Воловенко Ю.М., Туров О.В. Ядерний магнітний резонанс. К.: КНУ, 2008. 480 с.
2. Капустяник В. Б., Мокрий В. І. Прикладна спектроскопія: навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 302 с.
3. Determination of alkali and alkaline earth metals in aceto balsamico tradizionale di modena by flame atomic absorption spectroscopy / F. Corradini et al. *Journal of AOAC International*. 1996. Vol. 79, no. 5. P. 1167–1173.
4. Sadikot R. T. Bioluminescence imaging. *Proceedings of the American thoracic society*. 2005. Vol. 2, no. 6. P. 537–540.
5. Song K., Spezia R. Theoretical mass spectrometry: tracing ions with classical trajectories. de Gruyter GmbH, Walter, 2018. 242 p.
6. Use of dual detection in the gas chromatographic analysis of oleaginous biomass feeds and biofuel products to enable accurate simulated distillation and lipid profiling / T. Morgan et al. *Energy & fuels*. 2017. Vol. 31, no. 9. P. 9498–9506.

### 13. Інформаційні інтернет-ресурси

1. ЕНМКД Сучасні методи хімічного аналізу  
<https://elr.tnpu.edu.ua/course/view.php?id=4459>
2. Органічні синтези (Методи одержання органічних сполук) <http://www.orgsyn.org>
3. Центр онлайн-навчання (Хімія)  
<http://www.chem.ucalgary.ca/courses/350/Carey5th/Carey.html>
4. <http://www.mrfn.org/ucsb/chem/icp.pdf>
5. <http://www-odp.tamu.edu/publications/tnotes/tn29/technot2.htm>
6. Modern analytical chemistry.  
[https://www.smbstcollege.com/uploads/department/Modern\\_Analytic\\_Chemistry.pdf](https://www.smbstcollege.com/uploads/department/Modern_Analytic_Chemistry.pdf)
7. Journal of chemistry and technologies. URL: <http://chemistry.dnu.dp.ua/index>
8. French-Ukrainian journal of chemistry.  
URL: <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/index>.

### 14. Комунікація та етика взаємодії

Комунікація між викладачем і здобувачами освіти здійснюється під час лекційних, лабораторних й індивідуальних занять, консультацій, а також із використанням корпоративної електронної пошти та системи дистанційного навчання. Оперативне інформування щодо організації освітнього процесу, навчальних матеріалів, завдань і термінів їх виконання здійснюється через старосту групи або робочі чати у менеджерах.

Консультації з питань виконання лабораторних та індивідуальних завдань проводяться відповідно до встановленого графіка або за попередньою домовленістю з викладачем. Здобувачі можуть звертатися за роз'ясненнями щодо змісту навчального матеріалу, методики

виконання завдань, опрацювання наукової літератури та інтерпретації результатів хімічного аналізу.

У разі відсутності на занятті з поважних причин здобувач освіти має завчасно, повідомити про це викладача через старосту групи або робочі чати у месенджерах. Пропущений навчальний матеріал та передбачені освітньою програмою завдання підлягають опрацюванню та відпрацюванню згідно з графіком індивідуальних занять і консультацій.

Учасники освітнього процесу дотримуються принципів взаємної поваги, академічної доброчесності, толерантності, недискримінації, відповідальності та професійної етики. Не допускаються прояви неповаги, дискримінаційні висловлювання, образи, порушення авторських прав, академічне плагіатство та інші форми недоброчесної поведінки.

Очікуваний стиль спілкування під час вивчення дисципліни — коректний, доброзичливий, професійний і конструктивний. Вітаються аргументоване висловлення власної думки, постановка запитань, наукова дискусія, критичне обговорення результатів та повага до альтернативних поглядів.

Здобувачі освіти несуть відповідальність за своєчасне виконання навчальних завдань, дотримання встановлених термінів та дотримання правил академічної доброчесності.