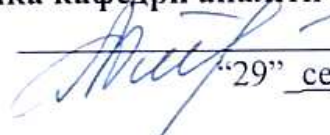


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА

Кафедра аналітичної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувачка кафедри аналітичної хімії

 Л.О. Дубенська
“29” серпня 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

освітній рівень _____ перший (бакалаврський) рівень вищої освіти _____

галузь знань _____ 10 “Природничі науки” _____
(шифр і назва галузі знань)

спеціальність _____ 102 “Хімія” _____
(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація _____ — _____

освітня програма _____ освітньо-професійна програма _____

факультет _____ хімічний _____

Львів – 2022

Робоча програма навчальної дисципліни “Електрохімічні методи аналізу” для студентів освітнього рівня бакалавр, спеціальності 102 “Хімія”, 2022 – 12 с.

Розробник: **Дубенська Л.О.**, кандидат хімічних наук, доцент, завідувачка кафедри аналітичної хімії.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри аналітичної хімії

Протокол від “29” серпня 2022 року № 1

1. Опис навчальної дисципліни

Дисципліна „Електрохімічні методи аналізу” є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітнього ступеня “магістр” для спеціальності 102 “Хімія” у галузі аналітичної хімії та її застосування в пробопідготовці та аналізі складних об’єктів на вміст макро- та мікрокомпонентів. Читається у 8 семестрі в обсязі 5 кредитів ECTS, закінчується заліком.

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 10 Природничі науки	<i>Денна форма навчання</i> За вибором студента
Модулів – 1		<i>Рік підготовки: 4</i>
Змістових модулів – 2		<i>Семестр: 8</i>
Загальна кількість годин: 150	Спеціальність 102 Хімія	<i>Лекції: 26 год</i> <i>Лабораторні роботи: 52 год</i> <i>Самостійна робота: 72 год</i>
Тижневих годин: аудиторних – 6 самостійна робота – 5,54	Освітній рівень – бакалавр	<i>Вид контролю: залік</i>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 1:1.08

2. Метою вивчення дисципліни "Електрохімічні методи аналізу" є формування цілісної системи знань у студентів хімічного факультету про електрохімічні методи аналізу.

Завданнями дисципліни “Електрохімічні методи аналізу” є: визначення місця і ролі електроаналізу серед усіх методів аналітичної хімії, вивчення теорії і формування практичних умінь головних електрохімічних методів аналізу, підготовка до самостійного виконання аналітичних визначень електрохімічними методами у подальшій навчальній і трудовій діяльності.

Предмет навчальної дисципліни "Електрохімічні методи аналізу" включає методи якісного та кількісного електрохімічного аналізу.

У разі успішного вивчення дисципліни студент набере **загальних компетентностей**:

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

та **спеціальних компетентностей**:

СК 1. Здатність застосовувати знання і розуміння математики та природничих наук для вирішення якісних та кількісних проблем в хімії.

СК 2. Здатність розпізнавати і аналізувати проблеми, застосовувати обґрунтовані методи вирішення проблем, приймати обґрунтовані рішення в області хімії.

СК 7. Здатність здійснювати типові хімічні лабораторні дослідження.

СК 8. Здатність здійснювати кількісні вимірювання фізико-хімічних величин, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані.

СК 9. Здатність використовувати стандартне хімічне обладнання.

СК 10. Здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПР01. Розуміти ключові хімічні поняття, основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються природничих наук та наук про життя і землю, а також хімічних технологій на рівні, достатньому для їх застосування у професійній діяльності та для забезпечення можливості в подальшому глибоко розуміти спеціалізовані області хімії.

ПР04. Розуміти основні закономірності та типи хімічних реакцій та їх характеристики.

ПР08. Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.

ПР09. Планувати та виконувати хімічний експеримент, застосовувати придатні методики та техніки приготування розчинів та реагентів.

- ПР13.** Аналізувати та оцінювати дані, синтезувати нові ідеї, що стосуються хімії та її прикладних застосувань.
- ПР14.** Здійснювати експериментальну роботу з метою перевірки гіпотез та дослідження хімічних явищ і закономірностей.
- ПР15.** Спроможність використовувати набуті знання та вміння для розрахунків, відображення та моделювання хімічних систем та процесів, обробки експериментальних даних.
- ПР17.** Працювати самостійно або в групі, отримати результат у межах обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність та наукову добросесність.

Вимоги до знань та вмінь.

Студент повинен знати:

- правила техніки безпеки і роботи в аналітичній лабораторії;
- відмінності між головними електрохімічними комірками;
- основи методу потенціометрії, класифікацію, будову та принцип роботи електродів;
- головні засади електросенсорики;
- основи кондуктометричного методу аналізу;
- умови виконання та різновиди кулонометричних визначень;
- основи класичної полярографії;
- принципи сучасних різновидів методу вольтамперометрії (зміннострумову, імпульсну, хроновольтамперометрію тощо);
- основи спектроелектрохімії як методу дослідження;
- особливості пробопідготовки для електрохімічних методів аналізу;
- способи визначення фізико-хімічних констант і величин електрохімічними методами.

Студент повинен вміти:

- використовувати стандартне обладнання для електрохімічного аналізу;
- скласти гальванічний елемент;
- виконувати прямі потенціометричні визначення;
- проводити титрування з потенціометричною, амперометричною, кондуктометричною детекцією кінцевої точки титрування;
- виконувати прямі і непрямі кулонометричні визначення;
- інтерпретувати поляризаційні і вольтамперні криві;
- розв'язувати розрахункові задачі з електрохімічних методів аналізу.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1

Класифікація електроаналітичних методів. Потенціометричний метод аналізу. Кулонометричний метод аналізу.

ТЕМА 1. Вступ. Загальна характеристика електрохімічних методів аналізу

Лекція 1. Загальна характеристика електрохімічних методів аналізу.

Загальна характеристика електрохімічних методів аналізу (ЕХМА), їх роль і місце серед інших інструментальних методів. Підходи до класифікації ЕХМА. Електрохімічна комірка. Електродний потенціал і різниця потенціалів електроаналітичної комірки. Сучасні напрями розвитку ЕХМА. ЕХМА в аналізі металів, сплавів, матеріалах радіоелектроніки, фізіологічних розчинів, фармацевтичних препаратів, продуктів харчування та об'єктів довкілля.

ТЕМА 2. Потенціометричний метод аналізу.

Лекція 2. Пряма потенціометрія.

Класифікація потенціометричних методів аналізу. Характеристика електродів в потенціометрії. Електроди порівняння. Індикаторні електроди. Типи іонселективних електродів, особливості їх використання для аналізу багатокомпонентних систем.

Пряма потенціометрія (іонометрія). Методи прямої потенціометрії, їх особливості. Дифузійний потенціал. Рівняння, які використовуються у прямій потенціометрії.

Лабораторна робота 1 (8 год.). Визначення NO_3^- або F^- -іонів (за вибором) в ґрунтах, водах, продуктах рослинного походження (зубній пасті) методом іонометрії.

Лекція 3. Потенціометричне титрування.

Специфіка потенціометричного титрування при використанні реакцій осадження та комплексоутворення. Апаратура та техніка роботи в потенціометричному титруванні. Потенціометричне визначення фізико-хімічних констант речовин.

Застосування потенціометрії в аналітичній практиці. Контроль вмісту найважливіших токсичних елементів в природних та стічних водах, фізіологічних розчинах (As, Cu, Sn, Zn, S^{2-} , F, NO_3^- тощо).

Лабораторна робота 2 (8 год.). Визначення хрому і ванадію в суміші методом потенціометричного титрування.

ТЕМА 3. Кулонометричний метод аналізу.

Лекція 4. Кулонометричний аналіз. Електрогравіметрія. Пряма кулонометрія.

Класифікація методів кулонометрії. Основні умови та вимоги у методах кулонометричного аналізу. Пряма кулонометрія. Вибір потенціалу робочого електроду. Знаходження моменту завершення електрохімічної реакції.

Електрогравіметрія. Закони електролізу. Електродний потенціал. Фізичні та хімічні умови осадження та розділення металів. Самочинний електроліз.

Лекція 5. Кулонометричне титрування.

Кулонометричне титрування. Кулонометричні титранти. Апаратура в кулонометричному методі аналізу. Встановлення "кінцевої" точки титрування. Визначення кількості електрики в кулонометрії.

Лекція 6. Застосування кулонометрії в аналітичній практиці.

Застосування методів прямої кулонометрії і кулонометричного титрування. Приклади кулонометричних визначень неорганічних та органічних речовин. Метрологічні характеристики методу кулонометрії.

Лабораторна робота 3 (8 год.). Визначення тіосульфату, хлоридної кислоти у технологічних розчинах або аскорбінової кислоти у соках (за вибором) методом кулонометричного титрування.

Контрольні запитання до змістового модуля 1

1. Рівняння Нернста, рівноважний, стандартний, нормальний, формальний, змішаний потенціал.
2. Класифікація електродів у потенціометрії.
3. Чим відрізняються електроди I і II; II і III роду ?
4. Інертні електроди. Газові електроди.
5. Що є причиною виникнення потенціалу рідинного сполучення?
6. Що є причиною виникнення потенціалу кристалічного мембранного електроду, який використовують для вимірювання концентрації F^- -іонів?
7. Розчин метиламіну титрують HCl . Електрохімічна комірка складається зі скляного та каломелевого електроду. Як можна обчислити константу основності (K_b) метиламіну за кривою нейтралізації?
8. Порівняльна характеристика методів визначення концентрації у прямій потенціометрії.
9. Записати схематичне зображення електрохімічної комірки для визначення AsO_4^{3-} , яка складається зі срібного індикаторного електроду та каломелевого електроду порівняння.

10. Записати рівняння зв'язку вимірюваного потенціалу з концентрацією AsO_4^{3-} при використанні електрохімічної комірки, яка складається зі срібного індикаторного електрода та каломелевого електрода порівняння (нехтуємо потенціалом рідинного сполучення).
11. Зазначити переваги та недоліки потенціометричного титрування перед титриметричними методами аналізу з візуальною індикацією моменту еквівалентної взаємодії.
12. Які електроди можна використовувати для потенціометричного вимірювання рН?
13. Що є причиною лужної помилки в рН-метричних вимірюваннях із скляним електродом?
14. Що відбувається з рН-чутливою мембраною свіжовиготовленого скляного електрода, якщо його занурити у воду?
15. Класифікація мембранних електродів у потенціометрії.
16. Селективність мембранних електродів. Рівняння Нікольського.
17. Що спричиняє виникнення граничного потенціалу у мембранних електродах?
18. Способи визначення точки еквівалентності у потенціометричному титруванні.
19. Потенціометричне титрування з поляризованими електродами.
20. У чому виявляється відмінність між електрохімічними комірками в методах кулонометрії і потенціометрії?
21. Чому в прямих і непрямих кулонометричних методах аналізу треба забезпечити 100 % вихід за струмом?
22. Пряма кулонометрія, класифікація методів.
23. Перенапряга, різновиди. Вплив на потенціал розкладання.
24. Чому методи прямої гальваностатичної кулонометрії мають обмежене використання в аналітичній практиці?
25. Які головні умови треба забезпечити для вимірювання аналітичного сигналу методами кулонометрії?
26. Які переваги та недоліки методу прямої кулонометрії? Які причини обмеження можливостей використання методу прямої кулонометрії?
27. Як обирають потенціал для виконання потенціостатичної кулонометрії?
28. Як обирають силу струму для виконання гальваностатичної кулонометрії?
29. Вимірювання кількості електрики у кулонометрії.
30. Головні положення самочинного електролізу.
31. Які переваги має метод кулонометричного титрування порівняно з іншими титриметричними методами?
32. Які методи та речовини використовують для одержання електрогенерованих титрантів?
33. Як можна визначити момент завершення електродної реакції у кулонометричному титруванні?
34. Які електрогенеровані титранти найчастіше використовують у методах протолітометричного та осаджувального титрування? Як їх одержують?
35. Які електрогенеровані кулонометричні титранти найчастіше використовують у методах окислювально-відновного титрування? Як їх одержують?

Змістовий модуль 2

Вольтамперометрія. Кондуктометрія. Електросенсорика.

ТЕМА 4. Вольтамперометрія.

Лекція 7. Класична полярографія.

Класифікація методів вольтамперометрії. Загальна теорія методів вольтамперометрії. Класична полярографія. Теоретичні основи методу полярографії. Криві I–E, потенціал півхвилі, його значення для якісної характеристики деполаризатора. Електродні процеси та їх характеристика: рівняння полярографічної хвилі для оборотних та необоротних електродних процесів. Полярографічні максимуми та їх характеристика.

Лекція 8. Механізми електрохімічних реакцій.

Характеристика реакцій, які передують електрохімічній стадії, і які протікають після її завершення. Кінетичні та каталітичні полярографічні струми, їх класифікація. Адсорбційні граничні полярографічні струми. Практичне застосування дифузійних, кінетичних та адсорбційних процесів в аналізі. Практичне використання рівняння Ільковича.

Дослідження координаційних сполук, визначення константи стійкості, числа лігандів (координаційного числа).

Лекція 9. Різновиди вольтамперометричного аналізу.

Імпульсна вольтамперометрія: теорія, аналітичні можливості. Зміннострумова вольтамперометрія: принципи, термінологія. Вольтамперометрія з обертовим дисковим електродом, обертовим дисковим електродом з кільцем, ультрамікроелектродами, стаціонарними електродами в протічних розчинах.

Суть та особливості методу вольтамперометрії з лінійною розгорткою потенціалу. Циклічна вольтамперометрія: дослідження оборотності електродного процесу.

Лекція 10. Інверсійна вольтамперометрія.

Основи методу. Електрохімічне концентрування визначуваних елементів. Інверсійна вольтамперометрія амальгам. Інверсійна вольтамперометрія металів на твердих електродах. Інверсійна вольтамперометрія малорозчинних та координаційних хімічних сполук. Адсорбційне концентрування. Метрологічні характеристики методу. Застосування інверсійних вольтамперометричних методів для аналізу об'єктів довкілля. Умови аналізу природних і стічних вод методом інверсійної вольтамперометрії. Особливості вольтамперометрії органічних сполук. Аналіз біологічних субстратів.

Лекція 11. Амперометрія. Амперометричне титрування.

Амперометричне титрування, його різновиди, типи кривих. Вибір потенціалу робочого електрода. Використання методу для визначення фізико-хімічних констант та в аналізі. Амперометричне титрування з двома поляризованими електродами.

Багатоімпульсна амперометрія.

Робочі електроди у вольтамперометрії. Особливості електролітичної комірки для вольтамперометричних вимірювань. Електроди на основі ртуті, вуглецевих матеріалів. Вольтамперометрія з хімічно модифікованими електродами.

Лабораторна робота 4 (8 год).

1. Правила роботи з ртуттю. Визначення константи капіляра.
2. Вивчення природи граничних полярографічних струмів.
3. Визначення $E_{1/2}$ Cd^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} (за вибором) методом класичної полярографії. Перевірка оборотності електродного процесу.

Лабораторна робота 5 (за вибором) (8 год). Визначення координаційного числа і константи стійкості комплексних сполук полярографічним методом

Лабораторна робота 5 (8 год). Визначення концентрації Pb^{2+} у природних і стічних водах методом зміннострумової полярографії.

ТЕМА 5. Кондуктометричний метод аналізу.

Лекція 12. Кондуктометрія.

Електропровідність електролітів, чинники, які впливають на електропровідність. Пряма кондуктометрія і кондуктометричне титрування. Кондуктометричне титрування неводних розчинів. Високочастотне титрування. Визначення констант протолізу і розчинності. Застосування кондуктометричного методу в аналізі об'єктів довкілля.

Лабораторна робота 6 (8 год). Визначення сульфат або хлорид-іонів (за вибором) у природних водах методом кондуктометричного титрування.

ТЕМА. Елекросенсорика.

Лекція 13. Електрохімічні сенсори і детектори.

Амперометричні сенсори і біосенсори. Датчик Кларка. Потенціометричні, кондуктометричні, кулонометричні сенсори. Електрохімічні детектори для рідинної хроматографії, протічно-інжекційного аналізу, капілярного зонного електрофорезу. Спектроелектрохімічні методи.

Контрольні запитання до змістового модуля 2

1. Які характерні особливості електролітичної комірки для вольтамперометричних вимірювань і чим вони зумовлені?
2. Що означає термін індиферентний електроліт? Чому для полярографічних вимірювань потрібний надлишок індиферентного електроліту?
3. Яку роль виконує індиферентний електроліт у полярографічних помірах?
4. Чому величини $E_{1/2}$, E_p характеризують природу електроактивної субстанції?
5. За яких умов граничний струм на полярограмах є дифузійним?
6. Адсорбційні і каталітичні струми у полярографії, їхнє використання в аналізі.
7. Чому полярографічні максимуми першого роду зникають у разі введення поверхнево-активних речовин?
8. В якому випадку доцільно використовувати терміни полярографія і вольтамперометрія?
9. Яку інформацію про електродний процес можна одержати з рівняння полярографічної хвилі?
10. Що є головним критерієм оборотності електродного процесу ?
11. В якому разі можливе одночасне полярографічне визначення кількох іонів?
12. Які кількісні методи (градуйованого графіка, метод додавання стандартного розчину, метод стандартів) доцільно використовувати в аналізі складних реальних об'єктів?
13. Як можна поліпшити роздільну здатність (селективність) методу класичної полярографії?
14. Чому методом класичної полярографії не можна визначати концентрації нижче, ніж 10^{-5} М?
15. У чому відмінність між методом класичної полярографії та методом вольтамперометрії з лінійною розгорткою потенціалу?
16. Які відмінності методу нормальної імпульсної полярографії від класичної?
17. У чому сутність методів нормальної і диференціальної імпульсної вольтамперометрії?
18. У чому суть методу інверсійної вольтамперометрії і чим зумовлена висока чутливість методу?
19. Які способи концентрування використовують у методі інверсійної вольтамперметрії?
20. Які робочі електроди використовують у методі вольтамперметрії? Які їхні особливості?
21. Які умови треба забезпечити для використання методу амперометричного титрування?
22. Що визначає вигляд кривих амперометричного титрування?
23. Які переваги методу амперометричного титрування перед прямою вольтамперометрією?
24. Що є аналітичним сигналом у методі тензаметрії?
25. Які речовини можна визначати тензаметрично? Чому?
26. Які чинники впливають на електричну провідність розчинів ?
27. Які особливості електролітичної комірки й електричної схеми для вимірювання електропровідності розчинів?
28. Чому для вимірювання електричної провідності використовують джерела змінного струму високої частоти?
29. У чому полягає різниця між методами прямої та непрямої кондуктометрії? Який із них селективніший? Чому?
30. Які типи електродів використовують у кондуктометричних вимірюваннях?
31. Які типи електролітичних комірок використовують у методах кондуктометрії?
32. Чим відрізняються криві кондуктометричного титрування сильної кислоти від кривої титрування слабкої кислоти?
33. В яких випадках криві кондуктометричного титрування симетричні?
34. Які методи кондуктометричного титрування найчастіше використовують? Чому?
35. Для чого треба визначати константу електрохімічної комірки у кондуктометрії?
36. Які прикладні аспекти кондуктометричних методів аналізу?
37. Що таке хімічний сенсор?
38. Які сенсори найчастіше використовують в аналізі газів?
39. Що таке іоноселективні польові транзистори?
40. Для чого використовують датчик Кларка?
41. Які чинники впливають на чутливість амперометричних детекторів?
42. Яким вимогам повинні задовольняти детектори, які використовують у протічних методах аналізу?
43. Які види протічних електрохімічних комірок Ви знаєте?

4. Структура навчальної дисципліни

№ теми	НАЗВИ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ І ТЕМ	Кількість годин			
		лк	п	лаб	ср
Змістовий модуль 1 Класифікація електроаналітичних методів. Потенціометричний метод аналізу. Кулонометричний метод аналізу.					
1	Вступ. Загальна характеристика електроаналітичних методів аналізу	2			3
2	Потенціометричний метод аналізу.	4		16	15
3	Кулонометричний метод аналізу.	6		8	10
Модульна робота (колоквіум) 1				2	7
Змістовий модуль 2 Вольтамперометрія. Кондуктометрія. Електросенсорика.					
4	Вольтамперометрія	10		16	15
5	Кондуктометричний метод аналізу	2		8	5
6	Електросенсорика	2			10
Модульна робота (колоквіум) 2				2	7
Всього годин		26		52	72

5. Теми лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення NO_3^- або F^- -іонів (за вибором) в ґрунтах, водах, продуктах рослинного походження (зубній пасті) методом іонометрії.	8
2	Визначення хрому і ванадію в суміші методом потенціометричного титрування	8
3	Визначення тіосульфату, хлоридної кислоти у технологічних розчинах або аскорбінової кислоти у соках (за вибором) методом кулонометричного титрування.	8
4	Правила роботи з ртуттю. Визначення константи капіляра. Вивчення природи граничних полярографічних струмів. Визначення $E_{1/2}$ Cd^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} (за вибором) методом класичної полярографії. Перевірка оборотності електродного процесу	8
5	Визначення координаційного числа і константи стійкості комплексних сполук полярографічним методом (за вибором) Визначення концентрації Pb^{2+} у природних і стічних водах методом зміннострумової полярографії (за вибором)	8
6	Визначення сульфат або хлорид-іонів (за вибором) у природних водах методом кондуктометричного титрування.	8
	Резерв для написання модульних робіт на лабораторних заняттях	4
	Разом	52

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	К-сть годин
1	Вступ до електрохімічних методів аналізу. Подвійний електричний шар. Електрокапілярні криві. Гальванічний елемент і електролізер. Реакції, які відбуваються в електрохімічній комірці.	3
2	Потенціометрія: електроди для вимірювання рН, рН-метрія. Способи побудови кривих потенціометричного титрування. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторних робіт.	15

3	Кулонометричний аналіз. Ефективність струму, вихід за струмом. Електроліз на ртутному катоді. Самочинний електроліз. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи. Підготовка до модульної роботи (колоквіуму).	10 7
4	Особливості електролітичної комірки для вольтамперометричних вимірювань. Амперометрія і амперометричне титрування. Амперометричне титрування з двома поляризованими електродами. Побудова теоретичних кривих амперометричного титрування. Тензаметрія. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.	15
5	Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми "Кондуктометрія". Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи.	5
6	Спектроелектрохімічні методи. Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до модульної роботи (колоквіуму).	10 7
Разом		72

7. Методи навчання

Використовуються такі методи навчання:

- а) словесні – лекція, пояснення, бесіда, тьюторство, консультації, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт;
- б) наочні – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами, графіками (мультимедійна презентація) та демонстрація хімічних дослідів на лабораторних заняттях;
- в) практичні – виконання лабораторних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи з використанням спеціального обладнання та за визначеною технологією для отримання нових знань, перевірки певних наукових гіпотез на рівні досліджень та формування вмінь і навичок виконання лабораторних досліджень різноманітних об'єктів.

8. Методи контролю та розподіл балів

Навчальна дисципліна "Електрохімічні методи аналізу" оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Дисципліну поділено на 2 змістові модулі: за кожен модуль студент може отримати по 50 балів. Разом це 1 модуль, оцінений у 100 балів.

Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недобросовісності. Виявлення ознак академічної недобросовісності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття дисципліни. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених робочою програмою.

№	Модуль	Види контролю	К-сть видів	Сума балів
1	Класифікація електроаналітичних методів. Потенціометричний метод аналізу. Кулонометричний метод аналізу	Колоквіум	1	20
		Лабораторна робота	3	30
2	Вольтамперометрія. Кондуктометрія. Електросенсорика.	Колоквіум	1	20
		Лабораторна робота	3	30

Рейтингове оцінювання контролю знань студентів (у балах)

№	Види контролю	К-сть видів	Бали	Сума балів
1	Колоквіум	2	20	40
2	Виконання і захист лабораторної роботи	6	10	60
Загальна сума балів за семестр				100,0

Оцінювання лабораторної роботи здійснюється на двох етапах:

– **Допуск** до лабораторної роботи, який максимально може бути оцінений в 2,0 бали. Допуск до лабораторної роботи охоплює методику виконання, типову будову приладу та принцип роботи його основних вузлів. Головні фізичні та хімічні закони, які лежать в основі методу.

– **Виконання і захист** лабораторної роботи, який максимально може бути оцінений у 8,0 балів. Оцінювання здійснюється па підставі результату виконання роботи та її захисту. Під час захисту лабораторної роботи оцінюють техніку виконання роботи, отримані результати та знання теоретичних основ методу. Результат виконання вважається добрим, якщо відносна похибка визначення не перевищує 5 %, задовільним – відносна похибка визначення є в межах 5-10 %, незадовільним – більше 10 %. Робота з незадовільним результатом не зараховується і повинна бути переробленою.

Критерії оцінювання захисту роботи такі: захист вважається відмінним при безпомилковому знанні теоретичних основ і методики виконання роботи, добрим – при допущенні несуттєвих помилок або неточностей, задовільним – при допущенні окремих значних помилок, незадовільним – при відсутності розуміння теоретичних основ та методики роботи.

Рейтингове оцінювання виконання та захисту лабораторної роботи

Результат виконання	Захист	Бал
відмінний, добрий	відмінний	8,0
задовільний	відмінний	7,5
відмінний, добрий	добрий	7,0
задовільний	добрий	6,5
відмінний, добрий	задовільний	5,5
задовільний	задовільний	5,0
відмінний, добрий, задовільний	незадовільний	4,0

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
A	90 – 100	відмінно	зараховано
B	81 – 89	добре	
C	71 – 80		
D	61 – 70	задовільно	
E	51 – 60		
FX	21 – 50	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
F	0 – 20	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

9. Методичне забезпечення

1. *Левицька Г.Д., Дубенська Л.О.* Електрохімічні методи аналізу. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2011.
2. *Дубенська Л.О.* Навчальні матеріали і конспекти лекцій. Команда “Електрохімічні методи аналізу” на платформі Teams.

10. Рекомендована література

БАЗОВА

1. *Тимошук О.С., Тимошук С.В., Врублевська Т.Я., Пацай І.О.* Основи електроаналітичної хімії. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2017.- 436 с.

2. IUPAC Orange Book. **8.4.** General terms, symbols and definitions used in electroanalytical chemistry [Режим доступу: <https://iupac.org/what-we-do/books/orangebook/> або https://media.iupac.org/publications/analytical_compendium/]
3. *Pingarrón J.M., Labuda J., Barek J., Brett C.M. A., Camões M.F., Fojta M., Hibbert D.B.* Terminology of electrochemical methods of analysis (IUPAC Recommendations 2019) //Pure and Applied Chemistry. – 2020. – Vol. 92, № 4. DOI: doi.org/10.1515/pac-2018-0109
4. *Southampton Electrochemistry Group.* Instrumental Methods in Electrochemistry” by Southampton Electrochemistry Group. – USA: Woodhead Publishing, 2011– 443 p.
5. *Scholz F.* Electroanalytical chemistry. – 2nd ed. – Springer, Berlin, 2010. – 331 p.

ДОДАТКОВА

1. *Electrochemical Dictionary / Edited by A.J. Bard, G. Inzelt, F. Scholz.* – 2nd ed.– Springer, 2012. – 994 p.
2. *Compton R.G., Banks C.E.* Understanding Voltammetry. – UK: Manchester Metropolitan University, 2010.
3. *Wang J.* Analytical Electrochemistry. – UK: Wiley-VCH, 2006.
4. *Harvey D.* Modern Analytical Chemistry. – USA: McGraw-Hill Higher Education, 2000.
5. *Monk P.M.S.* Fundamentals of Electroanalytical Chemistry. – UK: Wiley-VCH, 2001.
6. *Bard A.J., Faulkner L.R.* Electrochemical methods, fundamentals and applications. – UK: Wiley-VCH, 2001.