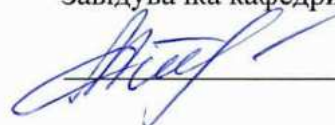


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Хімічний факультет
Кафедра аналітичної хімії

Затверджено

На засіданні кафедри аналітичної хімії
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 29.08.2023 р.)

Завідувачка кафедри аналітичної хімії

 Лілія ДУБЕНСЬКА

Силабус з навчальної дисципліни
«Електрохімічні методи аналізу»,
що викладається в межах ОПП першого(бакалаврського) рівня вищої
освіти для здобувачів із спеціальності

102 Хімія

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Електрохімічні методи аналізу
Адреса викладання дисципліни	вул. Кирила і Мефодія, 6, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	хімічний факультет, кафедра аналітичної хімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Природничі науки, 102 Хімія
Викладачі дисципліни	Дубенська Лілія Осипівна
Контактна інформація викладачів	liliya.dubenska@lnu.edu.ua
Сторінка курсу	http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=334
Мета та цілі дисципліни	<i>Метою</i> вивчення цієї дисципліни є формування цілісної системи знань у студентів хімічного факультету про електрохімічні методи аналізу <i>Завданнями</i> 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.
Обсяг курсу	78 годин аудиторних занять, з них 26 год лекційних занять, 52 год лабораторних занять. Тижневе навантаження становить 6 год аудиторних занять. Самостійної роботи 72 год.
Очікувані результати навчання	У разі успішного вивчення дисципліни студент набуде 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 доброчесність. Після завершення цього курсу студент повинен знати : <ul style="list-style-type: none"> - правила техніки безпеки і роботи в аналітичній лабораторії; - відмінності між головними електрохімічними комірками; - основи методу потенціометрії, класифікацію, будову та принцип роботи електродів;

	<ul style="list-style-type: none"> - 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 спектроскопії як методу дослідження; - особливості пробопідготовки для електрохімічних методів аналізу; - способи визначення фізико-хімічних констант і величин електрохімічними методами. <p>Студент повинен вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.
Ключові слова	Аналіз, електрохімічні методи аналізу, електрохімічна комірка, потенціометрія, вольтамперометрія, амперометрія, кулонометрія, кондуктометрія, електроди. Електрохімічні сенсори.
Формат дисципліни	Очний Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації, самостійна робота
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	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, розв'язування задач.
Пререквізити	Навчальна дисципліна "Електрохімічні методи аналізу" є вибірковою дисципліною, використовує попередньо набуті знання з циклу професійної підготовки фахівців освітнього рівня "бакалавр", зокрема з аналітичної хімії, фізики" у частині електрики, фізичної хімії у частині електрохімії.
Необхідне обладнання	Мультимедійне обладнання для проведення лекцій. Вимірювальне обладнання кафедри аналітичної хімії.
Література для вивчення дисципліни	Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. Основна 1. <i>Левицька Г.Д., Дубенська Л.О.</i> Електрохімічні методи аналізу. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2011. 2. <i>Тимошук О.С., Тимошук С.В., Врублевська Т.Я., Пацай І.О.</i> Основи електроаналітичної хімії. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2017.- 436 с 3. 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/] 4. <i>Pingarrón J.M., Labuda J., Barek J., Brett C.M. A., Camões M.F., Fojta M., Hibbert D.B.</i> 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 5. <i>Southampton Electrochemistry Group.</i> Instrumental Methods in Electrochemistry” by Southampton Electrochemistry Group. – USA: Woodhead Publishing, 2011– 443 p. 6. <i>Scholz F.</i> Electroanalytical chemistry. – 2nd ed. – Springer, Berlin, 2010. – 331 p. Додаткова: 1. <i>Electrochemical Dictionary / Edited by A.J. Bard, G. Inzelt, F. Scholz.</i> – 2nd ed.– Springer, 2012. – 994 p. 2. <i>Compton R.G., Banks C.E.</i> Understanding Voltammetry. – UK: Manchester Metropolitan University, 2010. 3. <i>Wang J.</i> Analytical Electrochemistry. – UK: Wiley-VCH, 2006. 4. <i>Harvey D.</i> Modern Analytical Chemistry. – USA: McGraw-Hill Higher Education, 2000. 5. <i>Monk P.M.S.</i> Fundamentals of Electroanalytical Chemistry. – UK: Wiley-VCH, 2001. 6. <i>Bard A.J., Faulkner L.R.</i> Electrochemical methods, fundamentals and applications. – UK: Wiley-VCH, 2001.

Критерії оцінювання

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.

Академічна доброчесність: Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності 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 силябусом.

Політика нарахування балів. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання.

Методи контролю та розподіл балів

№	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

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 на 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

Опитування

Анкету-опитування з метою оцінювання якості викладання дисципліни буде надано після завершення курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності	Література Завдання, год	Термін виконання
1	Вступ. Загальна характеристика електроаналітичних методів аналізу. Класифікація, особливості, галузі застосування. Електрохімічна комірка	лк	Осн. літ.: 1,4. Дод. літ.: 1, 5, 6. Подвійний електричний шар. Електрокапілярні криві. Гальванічний елемент і електролізер. Реакції, які відбуваються в електрохімічній комірці. Сучасні напрями розвитку ЕХМА. ЕХМА в аналізі сплавів, фізіологічних розчинів, фармацевтичних препаратів, продуктів харчування та об'єктів довкілля. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Підготовка проби. Виконання роботи. <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	1 тижд.
	Техніка безпеки. Визначення F у зубній пасті чи NO ₃ ⁻ -іонів у ґрунтах, водних розчинах, водах, продуктах рослинного походження методом іонометрії (за вибором студента).	лб		
2	Пряма потенціометрія. Класифікація потенціометричних методів аналізу. Електроди в потенціометрії. Електроди порівняння. Індикаторні електроди.	лк	Осн. літ.: 1-3. Дод. літ.: 1, 5-6. Потенціометрія: електроди для вимірювання рН, рН-метрія. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	2 тижд
	Визначення F чи NO ₃ ⁻ -іонів у ґрунтах та водних розчинах, водах, продуктах рослинного походження, зубній пасті (F) методом іонометрії (за вибором студента)	лб		
3	Методи прямої потенціометрії, їх особливості. Дифузійний потенціал. Потенціометричне титрування. Апаратура та техніка роботи в потенціометрії. Застосування потенціометрії в аналітичній практиці	лк	Осн. літ.: 1-4. Дод. літ.: 1, 5-6. Способи побудови кривих потенціометричного титрування. Потенціометричне визначення фізико-хімічних констант речовин. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Виконання роботи. <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	3 тижд
	Визначення хрому і ванадію в суміші методом потенціометричного титрування	лб		
4	Основи електролізу. Закони Фарадея. Кулонометричний метод аналізу. Суть і особливості. Полярizaційні криві. Рівноважний потенціал і потенціал розкладання. Пряма кулонометрія. Вибір потенціалу робочого електроду. Фіксування моменту завершення електрохімічної реакції. Вибір потенціалу робочого електроду. Електрогравіметрія.	лк	Осн. літ.: 1-4. Дод. літ.: 1, 3. Фізичні та хімічні умови осадження та розділення металів. Ефективність струму, вихід за струмом. Електроліз на ртутному катоді. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи. <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	4 тижд
	Визначення хрому і ванадію в суміші методом потенціометричного титрування	лб		
5	Самочинний електроліз. Кулонометричне титрування. Кулонометричні титранти. Апаратура в кулонометричному методі аналізу. Встановлення "кінцевої" точки титрування. Визначення кількості електрики	лк	Осн. літ.: 1-4. Дод. літ.: 1, 3. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Підготовка проби. Виконання роботи. <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	5 тижд
	Визначення хлоридної кислоти у технологічних розчинах або аскорбінової кислоти у соках методом кулонометричного титрування	лб		

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності	Література Завдання, год	Термін виконання
6	Застосування кулонометрії в аналітичній практиці. Метрологічні характеристики методу кулонометрії. Електрогравіметрія.	лк	Осн. літ.: 1-4. Дод. літ.: 1, 3. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи. Підготовка до модульної роботи (колоквіуму). <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	6 тижд
	Визначення хлоридної кислоти у технологічних розчинах або аскорбінової кислоти у соках методом кулонометричного титрування (за вибором)	лб		
7	Класична полярографія. Теорія методу. Ємнісний, міграційний і дифузійний струми. Теоретичні основи класичної полярографії: криві I-E, потенціал півхвилі, його значення для якісної характеристики деполаризатора. Електродні процеси та їх характеристика: рівняння поляро-графічної хвилі для оборотних та необоротних електродних процесів. Полярографічні максимуми та їх характеристика.	лк	Осн. літ.: 1-4. Дод. літ.: 1, 2. Поляризація електрода. Електродний процес і полярографічна крива. Особливості електролітичної комірки для вольтамперометричних вимірювань. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми. Опрацювання лекційного матеріалу. Теоретична підготовка до лабораторної роботи. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Підготовка проби. Виконання роботи. Написання першої модульної роботи (колоквіуму) <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	7 тижд
	Правила роботи з ртуттю. Визначення константи капіляра. Вивчення природи граничних полярографічних струмів. Визначення $E_{1/2}$ для Cd^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} (за вибором). Перевірка оборотності електродного процесу.	лб		
8	Механізми електрохімічних реакцій. Характеристика реакцій, які передують електрохімічній стадії, і які протікають після її завершення. Кінетичні та каталітичні струми. Адсорбційні струми. Дослідження координаційних сполук	лк	Осн. літ.: 1-2. Дод. літ.: 2, 3. Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Підготовка проби. Виконання роботи. <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	8 тижд
	Визначення координаційного числа та константи стійкості полярографічним методом	лб		
9	Різновиди вольтамперометричного аналізу. Імпульсна вольтамперометрія. Вольтамперометрія з обертовим дисковим електродом, циклічна, з лінійною розгорткою, зміннострумова. Дослідження оборотності процесу	лк	Осн. літ.: 1, 5, 6. Дод. літ.: 2, 3, 6. Імпульсна вольтамперометрія: теорія, аналітичні можливості. Зміннострумова вольтамперометрія: принципи, термінологія. Вольтамперометрія з обертовим дисковим електродом, обертовим дисковим електродом з кільцем, ультрамікро-електродами, стаціонарними електродами в протічних розчинах. Суть та особливості методу вольтамперометрії з лінійною розгорткою потенціалу. Циклічна вольтамперометрія: дослідження оборотності електродного процесу. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	9 тижд
	Визначення координаційного числа та константи стійкості полярографічним методом	лб		

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності	Література Завдання, год	Термін виконання
10	Інверсійна вольтамперометрія. Електрохімічне й адсорбційне концентрування. Особливості вольтамперометрії органічних сполук. Аналіз біологічних субстратів.	лк	Осн. літ.: 1, 5-6. Дод. літ.: 2-3. Застосування інверсійних вольтамперометричних методів для аналізу об'єктів довкілля. інверсійної вольтамперо-метрії. Особливості вольтамперо-метрії органічних сполук. Допуск до лабораторної роботи. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Виконання лабораторних вимірювань. <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	10 тижд
	Визначення концентрації Pb^{2+} у природних і стічних водах методом зміннострумової полярографії.	лб		
11	Амперометрія і амперометричне титрування. Вибір потенціалу робочого електрода. Використання методу для визначення фізико-хімічних констант та в аналізі. Амперометричне титрування з двома поляризованими електродами. Багатогімпульсна амперметрія. Робочі електроди у вольтамперо-метрії. Особливості електролітичної комірки для вольтамперометричних вимірювань. Електроди на основі ртуті, вуглецевих матеріалів. Вольтамперометрія з хімічно модифікованими електродами.	лк	Осн. літ.: 1, 5-6. Дод. літ.: 2-3. Побудова теоретичних кривих амперометричного титрування. Тензаметрія. Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи. <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	11 тижд
	Визначення концентрації Pb^{2+} у природних і стічних водах методом зміннострумової полярографії.	лб		
12	Кондуктометричний метод аналізу. Електропровідність електролітів, чинники, які впливають на електропровідність. Висоочастотне титрування. Визначення констант протолізу і розчинності. Кондуктометричне титрування.	лк	Осн. літ.: 1-2, 4. Дод. літ.: 4. Застосування кондуктометричного методу в аналізі об'єктів довкілля. Розв'язування задач на основі теоретичного матеріалу теми "Кондуктометрія". Допуск до лабораторної роботи. Виконання роботи. Опрацювання результатів даних та оформлення лабораторної роботи. <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	12 тижд
	Визначення сульфат або хлорид-іонів у природних водах методом кондуктометричного титрування	лб		
13	Електросенсорика. Електрохімічні сенсори та детектори. Датчик Кларка. Капілярний зонний електрофорез.	лк	Осн. літ.: 1, 2, 6. Дод. літ.: 4-6. Електрохімічні детектори для рідинної хроматографії, протічно-інжекційного аналізу, капілярного зонного електрофорезу. Написання другої модульної роботи. Захист роботи. <i>2 год лк +4 год лб +5,54 сам. роб</i>	13 тижд
	Написання другої модульної роботи	лб		

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.
5. Газові електроди.
6. Що є причиною виникнення потенціалу рідинного сполучення?
7. Що є причиною виникнення потенціалу кристалічного мембранного електрода, який використовують для вимірювання концентрації F^- іонів?
8. Розчин метиламіну титрують HCl . Електрохімічна комірка складається зі скляного та каломелевого електрода. Як можна обчислити константу основності (K_b) метиламіну за кривою нейтралізації?
9. Порівняльна характеристика методів визначення концентрації у прямій потенціометрії.

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

Контрольні запитання до змістового модуля 2

1. Які характерні особливості електролітичної комірки для вольтамперметричних вимірювань і чим вони зумовлені?
2. Що означає термін індіферентний електроліт? Чому для полярографічних вимірювань потрібний надлишок індіферентного електроліту?
3. Яку роль виконує індіферентний 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 вольтамперметрія?
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 (градуїрованого 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 вольтамперометрії?
20. Які робочі електроди використовують у методі вольтамперометрії? 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 непрямой 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 йоноселективні польові транзистори?
40. Для чого використовують датчик Кларка?
41. Які чинники впливають на чутливість амперометричних детекторів?
42. Яким вимогам повинні відповідати детектори, які використовують у протічних методах аналізу?
43. Які види протічних електрохімічних комірок Ви знаєте?