**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 № 9 від 9.02.2021 р.)

Завідувачка кафедри аналітичної хімії,

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_доц. Л.О. 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 2021 р.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Назва дисципліни** | Основи Стандартизації |
| **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](mailto:liliya.dubenska@lnu.edu.ua) |
| **Сторінка курсу** | <http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=334> |
| **Мета та цілі дисципліни** | *Метою* вивчення цієї дисципліниє формування цілісної системи знань у студентів хімічного факультету проелектрохімічні методи аналізу  *Завданнями*дисципліни “Електрохімічні методи аналізу” є*:* визначення місця і ролі електроаналізу серед усіх методів аналітичної хімії, вивчення теорієї 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 3 год аудиторних занять. Самостійної роботи 57 год. |
| **Очікувані результати навчання** | Після завершення цього курсу студент повинен знати:   * правила техніки роботи в аналітичній лабораторії; * основи потенціометричних визначень, класифікацію, будову та принцип роботи електродів; * головні засади електросенсорики; * основи кондуктометричного методу аналізу; * умови виконання та різновиди кулонометричних визначень; * основи класичної полярографії; * сучасні різновиди методу вольтамперометрїї (зміннострумову, імпульсну, хроновольтамперометрію тощо); * основи спектроелектрохімії як методу дослідження; * особливості пробопідготовки та вибору методу аналізу; * способи визначення фізико-хімічних констант електрохімічними методами.   ***Студент повинен вміти****:*   * складати гальванічний елемент; * проводити титрування з потенціометричною, амперометричною, кондуктометричною детекцією кінцевої точки титрування; * виконувати прямі потенціометричні визначення; * виконувати прямі і непрямі кулонометричні визначення; * інтерпретувати поляризаційні і вольтамперні криві; * розв’язувати розрахункові задачі з електрохімічних методів аналізу. |
| **Формат курсу** | Очний |
| Проведення лекцій, лабораторних занять |
| **Пререквізити** | Для вивчення курсу студенти потребують базових знань із загальної, аналітичної, органічної хімії |
| **Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу** | Лекції, пояснення, презентації, бесіда, консультації, розв’зування задач, лабораторні роботи |
| **Необхідне обладнання** | Вимірювальне обладнання кафедри анлатітичної хімії |
| **Література для вивчення дисципліни** | **Основна 1.** *Левицька Г.Д., Дубенська Л.О.* Електрохімічні методи аналізу. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2011. **2.***Тимошук О.С., Тимошук С.В., Врублевська Т.Я., Пацай І.О.* Основи електроаналітичної хімії. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2017.- 436 с. **3.** *Шольц Ф.* Электроаналитические методы. Теория и практика. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006.  **Додаткова**:**1.** *Хенце Г.* Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. **2.** *Миомандр Ф., Садки С., Одебер П., Меалле-Рено Р.* Электрохимия. – М.: Техносфера, 2008. **3.** *Будников Г.К., Майстренко В.Н. Вяселев М.Р.* Основы современного электрохимического анализа. – М.: Мир, 2003. |
| **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 незарахуванння викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.  **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. 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 курсом.  **Література.** 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.  **Політика нарахування балів.** Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Враховуються бали, набрані впродовж семестру за підготовку і виступ з повідомленням на задану тему, за активну роботу на практичному занятті, а також набрані на поточному та підсумковому тестуванні. При цьому обов’язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнень 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 | КолоквіумЛабораторна робота | 1  3 | 20  30 |
| 2 | Вольтамперометрія. Кондуктометрія. Електросенсорика. | КолоквіумЛабораторна робота | 1  3 | 20  30 |

**Рейтингове оцінювання контролю знань студентів (у балах)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Види контролю | К-сть видів | Бали | Сума балів |
| 1  2 | Колоквіум  Виконання і захист лабораторної роботи | 2  6 | 20  10 | 40  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 |

**Підсумкова оцінка**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Бал | ECTS | Оцінка | |
| 90-100 | A | 5 | Відмінно |
| 81-89 | B | 4 | Добре |
| 71-80 | C |
| 61-70 | D | 3 | Задовільно |
| 51-60 | E |
| 30-50 | FX | 2 | Можлива перездача іспиту |
| 0-29 | F | Повторення всього курсу |

**СХЕМА КУРСУ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тиж. | Тема | Форма заняття | Короткі тези | год |
| **1** | Вступ. Загальна характеристика електроаналітичних методів аналізу. Класифікація, особливості, галузі застосування. Електрохімічна комірка | *лк* | Підходи до класифікації ЕАМ. Електрохімічна комірка. Електродний потенціал і різниця потенціалів електроаналітичної комірки. Сучасні напрями розвитку ЕАМ. ЕАМ в аналізі металів, сплавів, матеріалах радіоелектро-ніки, фізіологічних розчинів, фармацевтичних препаратів, продуктів харчування та об’єктів довкілля | 2 |
| Визначення F- чи NO3–-іонів у ґрунтах та водних розчинах, водах, продуктах рослинного походження, зубній пасті (F-) методом іонометрії (за вибором студента) | *лб* | Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Підготовка проби. Виконання роботи. | 4 |
| **2** | Пряма потенціометрія. Класифікація потенціометричних методів аналізу. Електроди в потенціометрії. Методи прямої потенціометрії | *лк* | Характеристика електродів в потенціометрії. Електроди порівнян-ня. Індикаторні електроди. Типи іонселективних електродів, особи-вості їх використання для аналізу багатокомпонентних систем.  Пряма потенціометрія (іонометрія). Методи прямої потенціометрії, їх особливості. Дифузійний потенціал. Рівняння, які використовуються у прямій потенціометрії. | 2 |
| Визначення F- чи NO3–-іонів у ґрунтах та водних розчинах, водах, продуктах рослинного походження, зубній пасті (F-) методом іонометрії (за вибором студента) | *лб* | Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи | 4 |
| **3** | Потенціометричне титрування. Апа-ратура та техніка роботи в потенціометрії. Застосування потен-ціометрії в аналітичній практиці | *лк* | Специфіка потенціометричного титрування при використанні реакцій осадження та комплексоутворення. Апаратура та техніка роботи в потенціо-метричному 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, S2-, F-, NO3- тощо). | 2 |
| Визначення хрому і ванадію в суміші методом потенціометричного титрування | *лб* | Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Виконання роботи. | 4 |
| **4** | Кулонометричний метод аналізу. Суть і особливості. Поляризаційні криві. Пряма кулонометрія. Вибір потенціалу робочого електроду. Фіксування моменту завершення електрохімічної реакції. Електрогравіметрія. | *лк* | Класифікація методів кулонометрії. Основні умови та вимоги у методах кулонометричного аналізу. Пряма кулонометрія. Вибір потенціалу робочого електроду. Знаходження моменту завершення електро-хімічної реакції.  Електрогравіметрія. Закони електро-лізу. Електродний. потенціал. Фізичні та хімічні умови осадження та розділення металів. Самочинний електроліз. | 2 |
| Визначення хрому і ванадію в суміші методом потенціометричного титрування | *лб* | Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи | 4 |
| **5** | Кулонометричне титрування. Титранти. Апаратура в кулоно-метричному методі аналізу. Визначення кількості електрики | *лк* | Кулонометричне титрування. Кулонометричні титранти. Апаратура в кулонометричному методі аналізу. Встановлення "кінцевої" точки титрування. Визначення кількості електрики в кулонометрії. | 2 |
| Визначення хлоридної кислоти у технологічних розчинах або аскорбінової кислоти у соках методом кулонометричного титрування | *лб* | Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Підготовка проби. Виконання роботи. | 4 |
| **6** | Застосування кулонометрії в аналітичній практиці | *лк* | Застосування методів прямої кулонометрії і кулонометричного титрування. Приклади кулоно-метричних визначень неорганічних та органічних речовин. Метрологічні характеристики методу кулоно-метрії. | 2 |
| Визначення хлоридної кислоти у технологічних розчинах або аскорбінової кислоти у соках методом кулонометричного титрування (за вибором) | *лб* | Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи | 4 |
| **7** | Класична полярографія. Теорія методу. Криві І–Е, Е1/2, його значення для якісної характеристики деполя-ризатора. Рівняння полярографічної хвилі. Полярографічні максимуми. | *лк* | Класифікація методів вольтампе-рометрії. Загальна теорія методів вольтамперометрії. Класична полярографія. Теоретичні основи методу полярографії. Криві І–Е, потенціал півхвилі, його значення для якісної характеристики деполяризатора. Електродні процеси та їх характеристика: рівняння полярографічної хвилі для оборотних та необоротних електродних процесів. Поляро-графічні максимуми та їх характеристика. | 2 |
| Правила роботи з ртуттю. Визначення константи капіляра. Вивчення природи граничних полярографічних струмів. Визначення Е1/2 для Сd2+, Pb2+, Zn2+, Ni2+(за вибором). Перевірка оборотності електродного процесу. | *лб* | Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Підготовка проби. Виконання роботи. | 4 |
| **8** | Механізми електрохімічних реакцій. Характеристика реакцій, які передують електрохімічній стадії, і які протікають після її завершення. Дослідження координаційних сполук | *лк* | Характеристика реакцій, які передують електрохімічній стадії, і які протікають після її завершення. Кінетичні та каталітичні поляро-графічні струми, їх класифікація. Адсорбційні граничні полярогра-фічні струми. Практичне застосування дифузійних, кінетик-них та адсорбційних процесів в аналізі. Практичне використання рівняння Ільковича.  Дослідження координаційних сполук, визначення константи стійкості, числа лігандів (координаційного числа). | 2 |
| Визначення координаційного числа та константи стійкості полярографічним методом | *лб* | Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Підготовка проби. Виконання роботи. | 4 |
| **9** | Різновиди вольтамперометричного аналізу. Імпульсна вольтамперометрія. Вольтамперометрія з обертовим дисковим електродом, циклічна, з лінійною розгорткою, зміннострумова. Дослідження оборотності процесу | *лк* | Імпульсна вольтамперометрія: теорія, аналітичні можливості. Зміннострумова вольтамперометрія: принципи, термінологія. Вольтампе-рометрія 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. | 2 |
| Визначення координаційного числа та константи стійкості полярографічним методом | *лб* | Опрацювання одержаних експери-ментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи | 4 |
| **10** | Інверсійна вольтамперометрія. Електрохімічне й адсорбційне концентрування. Особливості вольтамперометрії органічних сполук. Аналіз біологічних субстратів. | *лк* | Основи методу. Електрохімічне концентрування визначуваних елементів. Інверсійна вольтамперо-метрія амальгам. Інверсійна вольтамперометрія металів на твердих електродах. Інверсійна вольтамперометрія малорозчинних та координаційних хімічних сполук. Адсорбційне концентрування. Застосування інверсійних вольтамперометричних методів для аналізу об’єктів довкілля. Умови аналізу природних і стічних вод методом інверсійної вольтамперо-метрії. Особливості вольтамперо-метрії органічних сполук. Аналіз біологічних субстратів. | 2 |
| Визначення концентрації Pb2+ у природних і стічних водах методом зміннострумової полярографії. | *лб* | Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Виконання лабораторних вимірювань. | 4 |
| **11** | Амперометричне титрування, галузі застосування. Вибір потенціалу.  Практичне використання методів вольтамперометрії і амперометрії. | *лк* | Амперометричне титруваня, його різновиди, типи кривих. Вибір потенціалу робочого електрода. Використання методу для визначення фізико-хімічних констант та в аналізі. Амперо-метричне титрування з двома поляризованими електродами.  Робочі електроди у вольтамперо-метрії.Особливості електролітичної комірки для вольтамперометричних вимірювань. Електроди на основі ртуті, вуглецевих матеріалів. Вольтамперометрія з хімічно модифікованими електродами. | 2 |
| Визначення концентрації Pb2+ у природних і стічних водах методом зміннострумової полярографії. | *лб* | Опрацювання одержаних експериментальних даних та оформлення лабораторної роботи. Захист роботи. | 4 |
| **12** | Кондуктометричний метод аналізу. Електропровідність. Кондуктометричне титрування.. | *лк* | 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. | 2 |
| Визначення сульфат або хлорид-іонів у природних водах методом кондуктометричного титрування | *лб* | Допуск до лабораторної роботи. Ознайомлення з апаратурою та обладнанням. Виготовлення стандартних та робочих розчинів. Виконання роботи. Опрацювання результатів даних та оформлення лабораторної роботи. | 4 |
| **13** | Електросенсорика. Електрохімічні сенсори та детектори.  Капілярний зонний електрофорез. | *лк* | Амперометричні сенсори і біосенсори. Датчик Кларка. Потенціометричні, кондуктометричні, кулонометричні сенсори. Електрохімічні детектори для рідинної хроматографії, протічно-інжекційного аналізу, капілярного зонного електофорезу. | 2 |
| Написання модульних робіт, колоквіумів) | *лб* |  | 4 |