



# ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекція 1 година на тиждень (1 пара раз на два тижні); лабораторний практикум 2 години на тиждень (2 пари раз на два тижні), практичні заняття 1 година на тиждень (1 пара раз на два тижні) за розкладом на roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., проф. Погребова Інна Сергіївна Лабораторні: д.т.н. Васильєв Георгій Степанович, georgii.vasyliiev@ill.kpi.ua, телеграм: @georgii_vasyliiev</i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Електрохімічні методи аналізу» знайомить студентів з електрохімічними методами дослідження. Дисципліна спрямована на отримання базових теоретичних та практичних знань з електрохімічних методів аналізу, ознайомлення зі спеціальним обладнанням, оволодіння методиками електрохімічного аналізу, формування у студентів системних уявлень про можливості та обмеження електрохімічних методів аналізу, формування навичок практичного застосування цих методів, вироблення уявлень про роль та місце кожного методу аналізу, критеріїв вибору методів аналізу певних об'єктів.

**Метою** освітньої компоненти є формування та посилення у з.в.о. **здатностей**:

- застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- знання та розуміння предметної області і професійної діяльності;
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;
- обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю хімічних виробництв;
- навички роботи зі спеціальним обладнанням;
- експериментальне уміння проводити аналіз хімічних речовин та встановлення необхідних параметрів досліджуваного середовища
- продемонструвати знання і розуміння основних фактів, концепцій, принципів і теорій, що належать до хімічної технології та інженерії;

- використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

**знання :**

- методик проведення електрохімічних методів дослідження;
- принципи дії спеціального електроаналітичного обладнання
- конструкційних та електродних матеріалів.

**уміння:**

- обирати і використовувати електрохімічний метод дослідження для конкретного завдання
- працювати зі спеціальним обладнанням;
- проводити електрохімічний аналіз середовища;
- встановлювати необхідні параметри досліджуваного середовища

**досвід:**

- застосовувати наукові знання для оцінки експериментальних результатів.
- використовувати отримані знання та навички при проведенні електрохімічного аналізу середовища

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Зазначається перелік дисциплін, знань та умінь, володіння якими необхідні студенту для успішного засвоєння дисципліни:

Загальна та неорганічна хімія	Термінологія, основні закони та поняття, властивості іонів в залежності від їх знаходження у періодичній таблиці Д.І. Менделєєва
Теоретична електрохімія ч.1.	Базові електрохімічні поняття. Типи електродів. Електрохімічна система, комірка, гальванічний елемент.
Фізика	Розуміння основних закономірностей протікання хімічних реакцій.
Техніка хімічного експерименту	Навички роботи в хімічній лабораторії, знання про хімічний посуд, приготування розчинів заданої концентрації

Постреквізити: Вивчення навчальної дисципліни «Електрохімічні методи аналізу» створює теоретичну та практичну базу для успішного засвоєння студентами інших спеціальних дисциплін, сприяє формуванню в них наукового світогляду.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

#### *Тема 1. Вступ.*

*Загальні принципи електрохімічних методів аналізу. Загальні поняття. Класифікація. Роль електрохімічних методів в хімії, сфери застосування, переваги й обмеження. Історія та розвиток методу електроаналізу.*

#### *Тема 2. Потенціометрія.*

*Теоретичні основи методу. Типи електродів та їх класифікація. Електроди порівняння. Мембранні іонселективні електроди. Будова та принцип роботи скляного електрода. Лужна та кислотна помилки скляного електроду.*

*Потенціометричне титрування. Класифікація та принцип методу. Визначення точки еквівалентності. Апаратура, техніка виконання аналізів. Використання методу у практиці хімічного аналізу.*

#### *Тема 3. Кондуктометрія.*

*Загальна характеристика та класифікація кондуктометричних методів аналізу. Основні положення теорії електропровідності. Електропровідність розчинів електролітів. Швидкість руху і рухливість іонів. Комірки для визначення електропровідності електролітів. Константа комірки. Комерційні кондуктометри. Прямий кондуктометричний аналіз. Кондуктометричне титрування із застосуванням реакцій нейтралізації, осадження та комплексоутворення. Практичне застосування методу кондуктометрії.*

#### *Тема 4. Кулонометрія.*

*Класифікація кулонометричних методів аналізу. Гальваностатична кулонометрія. Пряма потенціостатична кулонометрія. Класифікація кулонометрів. Кулонометричне титрування. Переваги і недоліки методу. Кулонометричне визначення неорганічних та органічних речовин. Електрогравіметрія.*

#### *Тема 5. Вольтамперометрія.*

*Основи методу. Полярографія. Триелектродна комірка з ртутним крапаючим електродом. Полярограма. Граничний струм. Кількісний та якісний аналіз. Чутливість полярографічного методу. Спотворення полярографічної хвилі. Максимуми I та II роду. Способи підвищення селективності методу. Використання методу у практиці хімічного аналізу.*

*Різновиди вольтамперометричних методів. Зміннострумова полярографія. Імпульсна полярографія. Хроновольтамперометрія. Інверсійна вольтамперометрія.*

*Амперометричне титрування.*

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

*Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри технології електрохімічних виробництв. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.*

- 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. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз. – Київ: Фітосоціоцентр, 2006. – 280 с.
3. Аналітична хімія / В.В.Болотов, А.Н.Гайдукевич, Е.Н.Свечникова та ін.; Під ред. В.В. Болотова. – Харків: вид-во НФаУ «Золотые страницы», 2004. – 456 с.
4. Коломієць І.В. Богданова Л.М. Практикум з фізико-хімічних методів аналізу: Навч. Посіб. – Х.: Вид-во НФаУ, 2004 \практичний курс аналітичної хімії / Я.Р. Базель, О.Г. Воронич, Ж.О. Кормош– Луцьк: Ред.-вид. відд. «Вежа» Волин. Держ. Ун-ту ім. Лесі Українки, 2004. – Ч.1.- 260с.
5. Левицька Г.Д., Дубенська Л.О. Електрохімічні методи аналізу. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2011 – 273 с.
6. Кузьма Ю., Ломницька Я., Чабан Н. Аналітична хімія. – Львів.: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, – 2007 – 298 с.
7. Супрунович. В.І., Плаксієнко І.Л., Шевченко Ю.І. Електрохімічні методи аналізу: Навчальний посібник. – Дніпро: УДХТУ, 2006. – 413 с.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами робіт лабораторного практикуму та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відео конференцій Zoot та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

#### Лабораторний практикум

Метою лабораторного практикуму є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення освітньої компоненти «Електрохімічні методи аналізу». Тематика та матеріали лабораторного практикуму спрямовані на технічну реалізацію відомих з лекційного курсу методик та набуття досвіду виконання певних лабораторних операцій. Заплановано виконання п'яти лабораторних робіт.

№	Дата	Тема	Опис запланованої роботи
1	I - ий тиждень	Вступ до курсу	Навчання з техніки безпеки та вимог охорони праці в хімічній лабораторії. Сітка годин та планування алгоритму проведення лабораторних робіт.
2	III – ій тиждень	Визначення водневого показника за допомогою рН-метра	Засвоїти навички роботи на лабораторному рН-метрі. Відпрацювати методику калібрування приладу. Відповідно до отриманого індивідуального завдання визначити рН кислот та лугів різної сили та концентрації. Захист роботи.
3		Потенціометричне титрування	Набути навичок проведення потенціометричного титрування. Визначити

	V - ий тиждень		вміст HCl та $H_3PO_4$ за їх сумісної присутності методом потенціометричного титрування. Побудувати диференційні та інтегральні криві титрування, визначити точку еквівалентності. Захист роботи.
4	VII - ий тиждень	Кондуктометричне титрування	Набути навичок проведення кондуктометричного титрування сильної кислоти сильною основою, слабкої кислоти сильною основою, а також суміші слабкої та сильної кислот ( $CH_3COOH$ та HCl) сильною основою (NaOH). Побудувати графічні залежності питомої електропровідності розчину від об'єму доданого титранту, визначити точки еквівалентності. Розрахувати концентрації кислот.
5	IX - ий тиждень	Кондуктометрія. Визначення електропровідності розчинів електролітів	Визначити питому електропровідність різних електролітів. Визначити вплив розведення слабкого електроліту на ступінь дисоціації.
6	XI - ий тиждень	Вольтамперометрія. Визначення концентрації іонів міді методом вольтамперометрії.	Визначити граничне значення відновлення міді в розчинах сульфату міді різної концентрації. Порівняти теоретично обраховані значення граничного струму відновлення міді та експериментальні.
7	XIII - ий тиждень		Підсумкове заняття. До відома студентів доводиться кількість балів, яку вони набрали протягом семестру. Студенти, які були не допущеними до семестрової атестації з кредитного модуля, мають усунути причини, що призвели до цього.

#### Практичні заняття

№	Назва теми заняття
1,2	<b>Потенціометричні методи аналізу.</b> Розрахунок електрорушійної сили ланцюгів, потенціалу електродів, pH розчинів.
3,4	Потенціометричне титрування Побудова кривої потенціометричного титрування (у звичайній та диференційній формі). Розрахунок концентрації компонентів розчину на основі потенціометричних кривих титрування. Розрахунок величини стрибка потенціометричного титрування.
5,6	<b>Кондуктометричний метод аналізу.</b> Побудова кривих кондуктометричного титрування. Визначення маси компонентів у пробі.
7	<b>Кулонометричні методи аналізу</b> Визначення маси речовини в зразку на основі кулонометричного титрування

8,9	<b>Вольтамерометрія.</b> Визначення величини граничного дифузійного струму на основі вольтамперних залежностей. Обчислення потенціалу півхвилі та числа електронів, що беруть участь в реакції.
-----	--

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовка та написання протоколів, проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт та підготовка до їх захисту, підготовка до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до лабораторних занять: повторення лекційного матеріалу, написання протоколів, проведення розрахунків, оформлення звітів з лабораторних практикумів	2 – 4 години на тиждень
Підготовка до тестового опитування	15 годин
Підготовка до модульної контрольної роботи	10 годин
Підготовка до заліку	20 годин

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У змішаному режимі роботи університету лекційні заняття проводяться у форматі відеоконференції Zoom, а лабораторні практикуми – очно в лабораторії. Відвідування лекцій та лабораторних практикумів є обов'язковим.

Протягом семестру для перевірки знань студентів та контролю за самостійною роботою студента застосовують модульну контрольну роботу, тестові опитування та оцінки за допуск, виконаних і захищених лабораторних робіт. Оцінка за лабораторні роботи складається з оцінки за опитування на допуск до лабораторної роботи, з оцінки за результати лабораторної роботи, що одержані під час виконання роботи та оцінки за захист лабораторної роботи. Під час захисту лабораторної роботи студент повинен знати мету, порядок проведення лабораторної роботи, а також відповіді на контрольні запитання, що даються для самостійного опрацювання теоретичного матеріалу з даної теми. Регулярне відвідування лекцій, активна участь в обговоренні розглянутих питань, відпрацювання пропущених занять у назначений викладачем час.

### Правила захисту лабораторних практикумів та розрахункової роботи:

1. До захисту допускаються студенти, які правильно оформили протокол та виконали розрахунки (при неправильно виконаних розрахунках їх слід усунути).
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.
4. Несвоєчасні захист і виконання роботи без поважної причини штрафуються відповідно до правил призначення заохочувальних та штрафних балів.

### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. Несвоєчасний захист лабораторних робіт (заборгованість більше, ніж дві роботи) штрафуються не допуском до виконання наступної лабораторної роботи.
2. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 5 заохочувальних балів;
3. За активну роботу на лекції нараховується до 0,5 заохочувальних балів (але не більше 10 балів на семестр).

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: тестові опитування, модульна контрольна робота та лабораторні практикуми.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік

## Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали і складається з балів, що студент отримує за:

- модульну контрольну роботу за матеріалами лекцій;
- роботу з лабораторного практикуму (5 тем занять);
- розрахунково-графічна робота
- практичні заняття
- опитування на лекціях

2. Критерії нарахування балів:

2.1. **Робота з лабораторного практикуму:**

- бездоганна робота – 8 балів;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 5-7 балів;
- є недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 1,5 - 4 бали.

Робота не виконана або не захищена – 0 балів.

**Допуск до виконання лабораторної роботи:**

- при перевірці готовності до ЛР надаються вірні і вичерпні відповіді на усі запитання викладача, підготовлено в повному обсязі схему протоколу лабораторної роботи – **2 бали**;
- при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей на запитання викладача; є зауваження щодо підготовки протоколу – **1 бал**;
- відсутній протокол; відсутній халат; студент має проблеми із формулюванням мети виконання роботи – **0 балів**.

**Виконання роботи:**

- безпомилкове виконання завдання ЛР в повному обсязі з наявністю елементів творчого підходу при безумовному додержанні правил і норм техніки безпеки – **3 бали**;
- виконання завдань ЛР в повному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок або щодо додержання вимог техніки безпеки – **1,5 бали**;
- невиконання завдань ЛР в повному обсязі за відведений час при наявності зауважень з боку викладача щодо вірності виконання роботи або додержання вимог техніки безпеки – **0 балів**.

**Якість протоколу та захисту лабораторної роботи:**

- наявність впевнених знань і набутих вмінь з завдань виконаної роботи; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів – **3 бали**;
- не зовсім повне оволодіння знаннями і вміннями за підсумками виконання ЛР; зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу – **1,5 бали**;
- наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної роботи – **1 бал**;
- значні зауваження щодо повноти і оформлення протоколу; неспроможність дати відповідь по виконаній роботі – **0 балів**.

2.2. **Розрахунково-графічна робота.** Складається з **тестових завдань**. Кількість балів за тест розраховується як сума балів за кожне питання. Всього можливо отримати **15 балів**.

2.3. **Модульна контрольна робота**

Тестове завдання розміщено на платформі google classroom. Складається з 50 запитань (по 0,5 бали за кожну відповідь). Всього за даний вид роботи можливо отримати **25 балів**.



#### 2.4. Опитування на лекції

Максимальна кількість балів на всіх лекційних заняттях дорівнює: **5 балів.**

Критерії оцінювання:

- 5 балів - «відмінно»: (не менше 90% потрібної інформації) повна і вичерпна вірна відповідь на запитання лектора;
- 4 бали - «добре»: (не менше 75% потрібної інформації) вірна, в цілому, відповідь з незначними погрешностями, або формулювання вірної відповіді після невеликої навідної допомоги викладача чи іншого студента
- 2-3 бали «задовільно»: (не менше 60% потрібної інформації) відповідь з помилками принципового характеру як наслідок слабких знань фундаментальних положень хімії; високий процент плагіату
- 0 балів «незадовільно»: повністю невірна відповідь; повний плагіат або повне копіювання чужих відповідей.

#### 2.5. Робота на практичних заняттях

Ваговий сумарний бал – 10 балів. Бали за практичні заняття розраховуються та оцінюються в 1 бал (тах) за активну участь на кожному з практичних занять. Всього можна отримати **10 балів.**

**3. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю** є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю).

На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше **5 балів.**

На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 30 балів.

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних практикумів, написання МКР та РГР, кількість рейтингових балів не менше 40.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### Робочу програму освітньої компоненти (силабус):

Складено асистентом кафедри технології електрохімічних виробництв, к.т.н., ас. Васильєвою Світланою Михайлівною.

Ухвалено кафедрою технології електрохімічних виробництв (протокол № 18 від 24.06. 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.06. 2024 р.)