



ТЕОРЕТИЧНА ЕЛЕКТРОХІМІЯ

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>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>11 кредитів (330 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен усний</i>
Розклад занять	<i>Лекції 2 години на тиждень (1 пара); практичні заняття 2 години на тиждень (1 пара); лабораторні заняття 6 годин на тиждень (3 пари)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., професор Лінючева Ольга Володимирівна, linyucheva.olga@lil.kpi.ua , Практичні заняття: к.т.н., асистент Васильєва Світлана Михайлівна, vasileva.svetlana@lil.kpi.ua , Лабораторні: к.т.н., доцент Фролінкова Світлана Василівна, frolenkova.svetlana@lil.kpi.ua , к.т.н., ст.викладач Кушмирук Андрій Іванович, kushmyruk.andrii@lil.kpi.ua ; к.т.н., ст.викладач Білоусова Ніна Аркадіївна; к.т.н., асистент Ущাপовський Дмитро Юрійович, ushchapovskyi.dmytro@lil.kpi.ua ;
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача https://classroom.google.com/u/0/c/MjY1OTEzNjAzMjlx

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Теоретична електрохімія» знайомить студентів з теоретичними питаннями електрохімічного процесу і чим він відрізняється від хімічного; класифікацією електричних систем та особливостями процесів, основних положень на межі розподілу електрод-електроліт, процесів, які мають місце у технології електрохімічних виробництв. Студенти отримують знання, необхідні для роботи в галузі водневої енергетики, синтезі основних неорганічних та органічних речовин, що визначають розвиток промисловості взагалі.

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- здатність до системного мислення;

- здатність використовувати теоретичні знання й практичні навички природничо-наукових дисциплін для оволодіння основами теорії й методів хіміко-технологічних досліджень;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- знання та розуміння предметної області і професійної діяльності;
- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- здатність використовувати знання та розуміння загальної хімічної технології, процесів і апаратів хімічних виробництв для аналізу, оцінювання і проектування технологічних процесів і устаткування;
- навички безпечного поводження з хімічними матеріалами, з урахуванням їх фізичних та хімічних властивостей, у тому числі, небезпек, пов'язаних з їх використанням.

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

знання :

- що уявляє собою електрохімічний процес і чим він відрізняється від хімічного;
- з яких складових частин має бути утворена електрохімічна система для можливості перетворення в ній хімічної форми енергії в електричну, чи навпаки;
- класифікацію електричних систем та особливості процесів, які відбуваються в них в стані рівноваги та при її порушенні;
- основні положення теорії подвійного електричного шару та межі розподілу електрод-електроліт;
- причини та наслідки електродної поляризації, яка виникає при протіканні електричного струму через електрохімічні системи;
- основні закономірності кінетики електродних процесів;
- світові тенденції розвитку сучасної електрохімії.

уміння:

- записувати електрохімічні реакції та електродні процеси, складати схеми електрохімічних кіл згідно з міжнародною конвенцією;
- розраховувати електродні потенціали та електрорушійні сили (ЕРС) електрохімічних систем в рівноважних умовах в залежності від параметрів процесу (температури, тиску, концентрації потенціаловизначальних іонів та ін.);
- проводити розрахунки, використовуючи закони Фарадея, основні положення теорії електролітичної дисоціації, будови розчинів електролітів (Арреніуса, Дебая-Гюкеля та ін.);
- використовувати теорії та положення сучасної електрохімії для аналізу й опису різноманітних електрохімічних процесів;
- розраховувати кінетичні характеристики електрохімічних реакцій;
- використовувати одержані знання для рішення завдань теоретичної та прикладної електрохімії, користуватися літературою зі спеціальності.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студенту необхідні знання та уміння, що були отримані під час вивчення дисциплін «Загальна та неорганічна хімія», «Фізична хімія», «Кристалографія», «Матеріалознавство», «Технічна електрохімія».

Дисципліна «Теоретична електрохімія-1. Рівноважні та нерівноважні явища в розчинах електролітів» є одною з основних дисциплін циклу професійної підготовки. Дисципліни, які базуються на результатах навчання дисципліни циклу професійної підготовки, в рамках яких потрібне розуміння фізичної суті електрохімічних реакцій та основних закономірностей їх

перебігу; використання основних положень для аналізу й опису електрохімічних реакцій; застосовувати основні тенденції та напрямки розвитку сучасної електрохімії у практиці (дослідницької, на виробництві).

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Основні положення

ТЕМА 1.1. Предмет та зміст електрохімії

Предмет та зміст електрохімії. Відмінність електрохімічних процесів від хімічних. Поняття про електрохімічну систему. Складові частини електрохімічних систем та їх можливий стан. Види електрохімічних систем. Короткі історичні відомості про розвиток електрохімії. Основні області застосування електрохімії та перспективи її розвитку. Роль електрохімії в розв'язанні проблеми раціонального використання енергетичних ресурсів та охорони навколишнього середовища.

ТЕМА 1.2. Хімічна дія електричного струму

Хімічна дія електричного струму. Закони Фарадея. Число Фарадея. Вихід за струмом. Кулометри.

Розділ 2. Рівновага в іонних системах

ТЕМА 2.1. Теорія електролітичної дисоціації

Кількісні співвідношення теорії електролітичної дисоціації. Зв'язок між константою та ступенем дисоціації (закон розведення Оствальда). Застосування класичної теорії розчинів електролітів для пояснення осмотичних властивостей, термохімічних ефектів та хімічної рівноваги в розчинах електролітів. Недоліки класичної теорії електролітів та шляхи її удосконалення по Д.І. Менделєєву.

ТЕМА 2.2. Взаємодія між електролітом та розчином

Сольватація (гідратація) в розчинах електролітів. Фізичні та енергетичні характеристики процесу сольватації. Енергія кристалічної ґратки та її розрахунок. Співвідношення енергії ґратки з теплотою сольватації (гідратації) іонів. Розрахунок енергії та теплоти гідратації по термодинамічним циклам Габера-Борна.

Зв'язок енергії сольватації (гідратації) з властивостями іонів. Визначення енергій гідратації окремих іонів. Ентропії гідратації та числа гідратації. Роль діелектричної проникності в явищах дисоціації електролітів.

Протолітична теорія кислот та основ. Рівняння Бренстеда. Сучасні тенденції в розвитку вчення про рівновагу в розчинах електролітів.

ТЕМА 2.3. Теорія міжіонної взаємодії

Активність та коефіцієнт активності. Вираз складу розчину через активності та концентрації. Загальна та середня активність електроліту. Середній коефіцієнт активності. Експериментальне визначення коефіцієнтів активності. Іонна сила розчинів.

Основи теорії міжіонної взаємодії. Модель розчину по Гхошу і Дебая-Гюккелю. Перше наближення теорії Дебая-Гюккеля. Припущення, покладені в основу теорії Дебая-Гюккеля.

Зіставлення теорії Дебая-Гюккеля з дослідом. Недоліки першого наближення теорії Дебая-Гюккеля. Удосконалення теорії Дебая-Гюккеля. Друге наближення теорії Дебая-Гюккеля та його уточнення. Формула Гюккеля. Врахування гідратації іонів при розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності.

РОЗДІЛ 3. Нерівноважні явища в розчинах електролітів

ТЕМА 3.1. Електропровідність розчинів електролітів

Загальна характеристика нерівноважних явищ в розчинах електролітів. Шляхи доставки речовини до поверхні електрода. Електропровідність електролітів. Основні поняття. Визначення понять "молярна" та "питома" електропровідність. Зв'язок між ними. Рухливість іонів та електричні числа переносу іонів. Принципи експериментального визначення електропровідності чисел переносу та іонних рухливостей.

Експериментальні дані по електропровідності. Вплив концентрації, температури, тиску на електропровідність розчинів електролітів. Закони Кольрауша. Зв'язок електропровідності з

властивостями електролітів та природою розчинника. Правило Вальдена-Писаржевського. Кондуктометрія.

Теоретична інтерпретація електропровідності електролітів. Класична (гідродинамічна) теорія електропровідності. Основні положення теорії електропровідності Дебая-Онзагера. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти. Удосконалення теорії Дебая-Онзагера. Формула Шидловського. Ефект Віна та дисперсія електропровідності. Кінетична теорія електропровідності. Прототропна теорія електропровідності кислот та основ.

ТЕМА 3.2. Дифузія в розчинах електролітів

Стаціонарна і нестаціонарна молекулярна дифузія. Закони Фіка. Особливості дифузійних процесів в розчинах електролітів. Дифузійний потенціал. Термодинамічна трактовка дифузійного потенціалу. Теорії Планка та Гендерсона. Методи обчислення дифузійного потенціалу на межі розчинів різної концентрації та з різною рухомістю іонів. Методи його зниження.

РОЗДІЛ 4. Електродна рівновага

ТЕМА 4.1. Термодинаміка електрохімічних систем

Основні термодинамічні функції. Визначення роботи, відмінної від об'ємно-механічної за допомогою основних термодинамічних функцій. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та їх аналіз. Правило Томсона. Температурний коефіцієнт. ЕРС електрохімічної реакції. Тепловий ефект електрохімічної реакції. Корисна робота електрохімічних систем у незворотних умовах.

ТЕМА 4.2. Рівноважні електродні потенціали

Термодинамічне трактування рівноважних електродних потенціалів. Термодинамічна формула для розрахунку рівноважного електродного потенціалу. Умовний характер величини електродного потенціалу. Воднева шкала потенціалів. Міжнародна конвенція про ЕРС та електродні потенціали. Класифікація електродів. Електроди першого, другого роду. Газові електроди. Окислювально-відновні електроди. Правило Лютера. Іоноселективні електроди. Стандартні електроди. Використання стандартних потенціалів для оцінки термодинамічної можливості протікання електрохімічних процесів.

ТЕМА 4.3. Електрохімічні кола

Принципи класифікації електрохімічних кіл. Типи електрохімічних кіл. Фізичні, концентраційні та хімічні кола. Здвоєні хімічні кола. Потенціометрія та її використання при проведенні електрохімічних досліджень.

ТЕМА 4.4. Теорія виникнення електродного потенціалу та ЕРС

Фізична та хімічна теорії ЕРС та електродного потенціалу. Осмотична теорія Нернста. Сольватаційна теорія Писаржевського-Ізгарішева та її розвиток.

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.

Базова:

1. Антропов Л.І. Теоретична електрохімія. - К.: Либідь, 1993, 544 с.
2. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. - М.:Высшая школа,1984, 519 с.
3. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Электрохимия. - М.: Высшая школа, 1987, 295 с.
4. Кукоз Ф.И. Сборник задач по теоретической электрохимии. - М.: Высшая школа, 1989, 285 с.
5. Вржосек Г.Г., Вржосек Н.И., Чвирук В.П. Методические указания к самостоятельному изучению курса "Теоретическая электрохимия часть I". - К.: КПИ, 1989, 68с.
6. Вржосек Г.Г., Вржосек Н.И., Чвирук В.П. Методические указания к самостоятельному изучению курса "Теоретическая электрохимия, часть II". - К.: КПИ, 1990, 67с.
7. Вржосек Г.Г., Вржосек Н.И., Антропов Л.И. Методические указания к выполнению лабораторных работ по теоретической электрохимии, - Киев,: КПИ, 1980, 45с.

8. Вржосек Г.Г., Вржосек Н.И Фатеев Ю.Ф., Чвирук В.П. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Теоретическая электрохимия" - К.:КПИ,1993, 80 с.
9. Краткий справочник физико-химических величин. - Под ред. К.П. Мищенко и А. А. Равделя, Л.: Химия, 1974,20с.

Додаткова

10. Измайлов Н.А. Электрохимия растворов. - М.: Химия, 1976, 488 с.
11. Ротинян А.Л. Тихонов К.И., Шошина Й.А., Теоретическая электрохимия. - Л.: Химия, 1981,424 с.
12. Рабинович В.А., Термодинамическая активность ионов в растворах электролитов. - Л.: Химия, 1985, 176 с.
13. Шаталов А.Я., Введение в электрохимическую термодинамику. - М.: Высшая школа, 1984, 215 с.
14. Флеров В.Н. Сборник задач по прикладной электрохимии. - М.: Высшая школа, 1987, 319с.
15. Гамеева О.С. Сборник задач и упражнений по физической и коллоидной химии, - М.: Высшая школа, 1980, 191 с.
16. Биргер Н.И. Задачи по электрохимии, -М.-Л.: Редакция химической литературы, 1939, 68 с.
17. Добош Д. Электрохимические константы. Справочник для электрохимиков, - М.: Мир, 1980, 365 с.
18. Практикум по электрохимии. Под ред. Б.Б. Дамаскина - М.: Высшая школа, 1991, 228 с.

Інформаційні ресурси

19. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); код курсу **Ix4v4ig** .

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Проведення лекцій з дисципліни проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При проведенні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Zoom, Google Meet тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance [19]. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<u>Предмет та зміст електрохімії.</u> Відмінність електрохімічних процесів від хімічних. Поняття про електрохімічну систему. Складові частини електрохімічних систем та їх можливий стан. Види електрохімічних систем. Короткі історичні відомості про розвиток електрохімії. Основні області застосування електрохімії та перспективи її розвитку.
2	<u>Хімічна дія електричного струму.</u> Закони Фарадея. Число Фарадея. Вихід за струмом. Кулонометри.
3	<u>Кількісні співвідношення теорії електролітичної дисоціації.</u> Зв'язок між константою та ступеню дисоціації (закон розведення Оствальда). Застосування класичної теорії розчинів електролітів для пояснення осмотичних властивостей, термохімічних ефектів та хімічної рівноваги в розчинах електролітів. Недоліки класичної теорії електролітів та шляхи її удосконалення по Д.І. Менделєєву.
4	<u>Сольватація (гідратація) в розчинах електролітів.</u>

	<i>Фізичні та енергетичні характеристики процесу сольватації. Енергія кристалічної ґратки та її розрахування. Співвідношення енергії ґратки з теплотою сольватації (гідратації) іонів. Розрахунок енергії та теплоти гідратації по термодинамічним циклам Габера-Борна.</i>
5	<i><u>Зв'язок енергії сольватації (гідратації) з властивостями іонів.</u> Визначення енергій гідратації окремих іонів. Ентропії гідратації та числа гідратації. Роль діелектричної проникності в явищах дисоціації електролітів. Енергетичні характеристики сольватації.</i>
6	<i><u>Протолітична теорія кислот та основ.</u> Рівняння Бренстеда. Сучасні тенденції в розвитку вчення про рівновагу в розчинах електролітів.</i>
7	<i><u>Активність та коефіцієнт активності.</u> Загальна та середня активність електроліту. Середній коефіцієнт активності. Експериментальне визначення коефіцієнтів активності. Іонна сила розчинів. Виразити склад розчину через активності та концентрації.</i>
8	<i><u>Основи теорії міжіонної взаємодії.</u> Модель розчину по Гхошу і Дебая-Гюккелю. Перше наближення теорії Дебая-Гюккеля. Припущення, покладені в основу теорії Дебая-Гюккеля.</i>
9	<i><u>Зіставлення теорії Дебая-Гюккеля з дослідом.</u> Недоліки першого наближення теорії Дебая-Гюккеля. Удосконалення теорії Дебая-Гюккеля. Друге наближення теорії Дебая-Гюккеля та його уточнення. Формула Гюккеля. Врахування гідратації іонів при розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Експериментальне визначення коефіцієнтів активності.</i>
10	<i><u>Загальна характеристика нерівноважних явищ в розчинах електролітів.</u> Шляхи доставки речовини до поверхні електрода. Електропровідність електролітів. Основні поняття. Визначення понять "молярна" та "питома" електропровідність. Зв'язок між ними. Рухливість іонів та електричні числа переносу іонів.</i>
11	<i><u>Експериментальні дані по електропровідності.</u> Вплив концентрації, температури, тиску на електропровідність розчинів електролітів. Закони Кольрауша. Зв'язок електропровідності з властивостями електролітів та природою розчинника. Правило Вальдена-Писаржевського. Кондуктометрія. Електропровідність неводних розчинів електролітів та деяких інших систем.</i>
12	<i><u>Теоретична інтерпретація електропровідності електролітів.</u> Класична (гідродинамічна) теорія електропровідності. Основні положення теорії електропровідності Дебая-Онзагера. Електрофоретичний та релаксаційний ефекти. Удосконалення теорії Дебая-Онзагера. Формула Шидловського. Ефект Віна та дисперсія електропровідності. Кінетична теорія електропровідності.</i>
13	<i><u>Стаціонарна і нестаціонарна молекулярна дифузія.</u> Закони Фіка. Особливості дифузійних процесів в розчинах електролітів. Дифузійний потенціал. Термодинамічна трактовка дифузійного потенціалу. Теорії Планка та Гендерсона. Методи обчислення дифузійного потенціалу на межі розчинів різної концентрації та з різною рухомістю іонів. Методи його зниження.</i>
14	<i><u>Основні термодинамічні функції.</u> Визначення роботи, відмінної від об'ємно-механічної за допомогою основних термодинамічних функцій. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та їх аналіз. Правило Томсона. Температурний коефіцієнт. ЕРС електрохімічної реакції. Тепловий ефект електрохімічної реакції. Корисна робота електрохімічних систем у незворотних умовах.</i>

15	<u>Термодинамічне трактування рівноважних електродних потенціалів.</u> Умовний характер величини електродного потенціалу. Воднева шкала потенціалів. Міжнародна конвенція про ЕРС та електродні потенціали. Термодинамічна формула для розрахунку рівноважного електродного потенціалу
16	<u>Класифікація електродів.</u> Електроди першого, другого роду. Газові електроди. Окислювально-відновні електроди. Правило Лютера. Стандартні електроди. Використання стандартних потенціалів для оцінки термодинамічної можливості протікання електрохімічних процесів. Іоноселективні електроди. Скляний електрод Нікольського.
17	<u>Принципи класифікації електрохімічних кіл.</u> Типи електрохімічних кіл. Фізичні, концентраційні та хімічні кола. Здвоєні хімічні кола. Потенціометрія та її використання при проведенні електрохімічних досліджень.
18	<u>Фізична та хімічна теорії ЕРС та електродного потенціалу.</u> Осмотична теорія Нернста. Сольватаційна теорія Писаржевського-Ізгарішева та подальший її розвиток.
	Всього кількість ауд. годин складає – 36.

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять - це навчити студентів використовувати набуті раніше знання для складання рівнянь основних та побічних електродних реакцій, що перебігають при одержанні неорганічних продуктів; складання балансу робочої напруги на електродізері та проведення інших технологічних розрахунків.

№ з/п	Назва теми заняття
1	<u>Електрохімічні системи, їх складові частини.</u> Основні кількісні співвідношення в електрохімії. Хімічна дія електричного струму. Закони Фарадея. Число Фарадея. Вихід по струму. Кулонометри.
2	<u>Класична теорія електролітичної дисоціації.</u> Кількісні співвідношення теорії електролітичної дисоціації. Зв'язок між константою та ступінню дисоціації (закон розведення Оствальда). Застосування класичної теорії розчинів електролітів для пояснення осмотичних властивостей, термохімічних ефектів та хімічної рівноваги в розчинах електролітів. Недоліки класичної теорії електролітів та шляхи її удосконалення по Д.І. Менделєєву.
3	<u>Взаємодія між електролітом та розчинником.</u> Сольватація (гідратація) в розчинах електролітів. Фізичні та енергетичні характеристики процесу сольватації. Енергія кристалічної ґратки та її розрахування. Співвідношення енергії ґратки з теплою сольватації (гідратації) іонів. Розрахунок енергії та теплоти гідратації по термодинамічним циклам Габера-Борна
4	<u>Теорія міжіонної взаємодії.</u> Основи теорії міжіонної взаємодії. Модель розчину по Гхошу і Дебая-Гюккелю. Перше наближення теорії Дебая-Гюккеля.
5	<u>Нерівноважні явища в розчинах електролітів.</u> Зіставлення теорії Дебая-Гюккеля з дослідом. Недоліки першого наближення теорії Дебая-Гюккеля. Удосконалення теорії Дебая-Гюккеля. Друге наближення теорії Дебая-Гюккеля та його уточнення. Формула Гюккеля. Врахування гідратації іонів при розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності. Емпіричні формули для розрахунку коефіцієнтів активності.
6	<u>Дифузія в розчинах електролітів.</u> Стаціонарна і нестаціонарна молекулярна дифузія. Закони Фіка. Особливості дифузійних процесів в розчинах електролітів. Дифузійний потенціал. Термодинамічна трактовка дифузійного потенціалу. Теорії Планка та Гендерсона
7	<u>Термодинаміка електрохімічних систем.</u>

	<i>Основні термодинамічні функції. Визначення роботи, відмінної від об'ємно-механічної за допомогою основних термодинамічних функцій. Рівняння Гіббса-Гельмгольца та їх аналіз. Правило Томсона. Температурний коефіцієнт. ЕРС електрохімічної реакції.</i>
8	<i><u>Електродна рівновага в розчинах електролітів.</u> Принципи класифікації електрохімічних кіл. Типи електрохімічних кіл. Фізичні, концентраційні та хімічні кола. Здвоєні хімічні кола. Фізична та хімічна теорії ЕРС та електродного потенціалу. Осмотична теорія Нернста</i>
	<i>Всього кількість годин складає – 36.</i>

Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних занять – це використання одержаних на лекціях знань, ознайомлення з технічною реалізацією відомих з лекційного курсу процесів та закріплення теоретичного матеріалу.

<i>№ з/п</i>	<i>Назва лабораторної роботи</i>	<i>Кількість ауд. годин</i>
1	<i>Хімічна дія постійного струму. Порівняння кулонометрії. Розрахунки виходів за струмом.</i>	16
2	<i>Експериментальне вивчення коефіцієнта активності іонів водню методом вимірювання ЕРС електрохімічних систем.</i>	16
3	<i>Визначення чисел переносу іонів методом Гітторфа</i>	16
4	<i>Визначення чисел переносу іонів методом рухомої межі.</i>	16
5	<i>Визначення та розрахунок дифузійного потенціалу на межі двох розчинів хлороводневої кислоти різної концентрації.</i>	16
6	<i>Визначення температурного коефіцієнту гальванічного елемента. Розрахунок термодинамічних характеристик електрохімічних систем.</i>	14
7	<i>Визначення окислювально-відновних потенціалів електрохімічних систем.</i>	14
	<i>Всього</i>	<i>108</i>

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до тематичних контрольних робіт; підготовка до проведення практичних завдань та виконання розрахунків, підготовка до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

<i>Вид СРС</i>	<i>Кількість годин на підготовку</i>
<i>Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу; проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до проведення практичних завдань та виконання розрахунків</i>	<i>4 – 5 годин на тиждень</i>
<i>Підготовка до МКР (повторення матеріалу)</i>	<i>6 годин</i>
<i>Підготовка до екзамену</i>	<i>30 годин</i>
<i>Всього на СРС</i>	<i>150 годин</i>

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекційні, практичні та лабораторні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні та практичні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, лабораторні заняття – в навчальних лабораторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять є обов'язковим.

Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які виконали лабораторну роботу, правильно виконали розрахунки та вірно оформили протокол з лабораторної роботи (при неправильно виконаних розрахунках чи неякісному оформленні недоліки слід усунути).
2. Захист відбувається або на лабораторних заняттях під час технологічно обумовлених перерв, або на консультаціях з дисципліни, які проводяться щотижнево.
3. Після захисту лабораторної роботи, який полягає у виконанні індивідуального розрахункового завдання або теоретичному опитуванні по темі лабораторної роботи викладачем виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.
4. Несвоєчасний захист – наявність більше одної незахищеної роботи – в звичайному та змішаному режимах роботи Університету є підставою для не допуску до виконання наступної лабораторної роботи.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. Запізнення на лабораторне заняття (з умови їх проведення в звичайному та змішаному режимах роботи Університету) штрафується 0,25 бала за кожні 15 хвилин запізнення, тому що призводять до затримки виконання усієї бригадою студентів;
2. Несвоєчасне подання повністю оформленої курсової роботи на перевірку штрафується 5 балами.

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)

Поточний контроль: робота на практичних заняттях, виконання та захист лабораторних робіт, написання 2 тематичних контрольних роботи (2 модульні контрольні роботи).

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- відповіді на практичних заняттях (в середньому 2 рази за семестр);
- виконання та захист 7 лабораторних робіт - в звичайному та змішаному режимах роботи Університету, виконання 2 модульних контрольних робіт.

Критерії нарахування балів:

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – **4 бали**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- безпомилкове виконання розрахункового завдання або розрахунок з деякими математичними похибками - 4 бали;

- виконання завдання з деякими математичними похибками або після невеликої навідної допомоги викладача чи іншого студента - 3 бали ;
- проведення розрахункових вправ зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру - 2 бали;
- проведення розрахункових вправ з грубими помилками щодо хімічної чи хіміко-технологічної суті завдання - 0 балів.

2. Лабораторні роботи

2.1. в звичайному та змішаному режимах роботи Університету

Ваговий бал – **5 балів**. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск (0,5 бали), виконання (1 бал), та якість оформленого протоколу (1,5 бали) і захисту роботи (2 бали).

Допуск та виконання лабораторної роботи

- при перевірці готовності до ЛР надаються вірні і вичерпні відповіді; підготовлено в повному обсязі схему протоколу лабораторної роботи; безпомилкове виконання завдання ЛР в повному обсязі з наявністю елементів творчого підходу при безумовному дотриманні правил і норм техніки безпеки - 1 бал;
- при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей; є зауваження щодо підготовки протоколу; виконання завдання ЛР в повному обсязі при дотриманні правил і норм техніки безпеки - 1 бал;
- виконання завдань ЛР в повному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок або щодо дотримання вимог техніки безпеки – 0,5 балів;
- невиконання завдань ЛР в повному обсязі за відведений час при наявності зауважень з боку викладача щодо вірності виконання роботи або дотримання вимог техніки безпеки - 0 балів.

Якість протоколу та захисту лабораторної роботи

- наявність впевнених знань і набутих вмій з завдань виконаної ЛР; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів - 2 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- не зовсім повне оволодіння знаннями і вміннями за підсумками виконання ЛР; зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу - 1,5 бала (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної ЛР - 1 бал (не менше 60 % потрібної інформації);
- значні зауваження щодо повноти і оформлення протоколу; неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

2.2. в дистанційному режимі роботи Університету

Ваговий бал – **5 балів**. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск (0,5 бали), участь у виконанні роботи та якість оформленого протоколу (2,5 балів) та захист роботи (2 бали).

Допуск до роботи

- при перевірці готовності до ЛР надаються вірні і вичерпні відповіді; підготовлено в повному обсязі схему протоколу лабораторної роботи - 0,5 бали;
- при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей; є зауваження щодо підготовки протоколу - 0 балів;

Участь у виконанні лабораторної роботи та якість оформленого протоколу

- здатність пояснити усі необхідні операції; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів - 2 бали;
- утруднення при формулюванні вірних відповідей щодо ходу роботи та допоміжних операцій; зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу - 1,5 бала;

- студент надає відповідь тільки після отримання підказки з боку інших студентів або викладача; наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної ЛР - 1 бал;
- неспроможність надати пояснення щодо ходу роботи; суттєві зауваження щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні протоколу ЛР - 0 балів;

Захист лабораторної роботи

- наявність впевнених знань з завдань виконаної ЛР - 2 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- не зовсім повне оволодіння знаннями за підсумками виконання ЛР - 1 бал (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність значних утруднень під час відповіді по виконаній роботі – 0,5 балів (не менше 60 % потрібної інформації);
- неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

3. Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал – **4 балів**. Кожне завдання на МКР складається з питань теоретичного характеру. Кількість балів за МКР розраховується як сума балів за кожне питання завдання, яке має **ваговий бал 0,5**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- бездоганна відповідь на завдання при наявності елементів продуктивного (творчого) підходу;
- демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних знань з хімії при відповіді на контрольне завдання - 2 бала (не менше 90 % потрібної інформації);
- загалом вірна відповідь, наявність 1-2 помилок при відповіді на контрольне завдання – 1 бал (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність суттєвих помилок при відповіді на контрольне завдання – 0,5 бали (не менше 60 % потрібної інформації);
- наявність принципових помилок при відповіді на контрольне завдання - 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог Силабусу. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є рейтинг студента 50 % від максимально можливого на час календарного контролю. На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 20^1 = 10$ балів. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 44^2 = 21$ балу.

Семестровий контроль: усний екзамен.

На екзамені студенти мають відповісти на питання екзаменаційного білета. Кожен білет містить два теоретичних питання та задачу. Кожен із елементів білету оцінюється у **10 балів**. Кожне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:

- повна відповідь на запитання з елементами оригінального, творчого підходу до пояснення прийнятих рішень, обґрунтування цих рішень на основі демонстрації вмінь залучати фундаментальні знання з хімії - 9-10 балів (не менше 90 % потрібної інформації);
- повна і взагалі вірна відповідь на запитання з 1–5 незначними помилками або зауваженнями - 7-8 балів (не менше 75 % потрібної інформації);
- взагалі вірна відповідь на запитання з 5–6 незначними помилками та 1–2 зауваженнями принципового характеру, пов'язаного з неповнотою знань з фундаментальних основ - 6 балів (не менше 60 % потрібної інформації);
- незадовільна відповідь - 0 балів.

¹ Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 8 тижнів.

² Максимальна кількість балів, яку може набрати студент протягом 14 тижнів.

Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 60 балів:

$$RC = r_{\text{пр}} + r_{\text{МКР}} + r_{\text{ЛР}} = 17 + 8 + 35 = 60 \text{ балів.}$$

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, написання двох МКР та кількість рейтингових балів не менше 30.

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Вимоги до оформлення курсової роботи, перелік запитань до МКР та для підготовки до екзамену наведені у Google Classroom «Теоретична електрохімія» (платформа Sikorsky-distance).*
- *Перелік матеріалів, якими дозволено користуватись під час екзамену – під час екзамену студенту заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та літературу. За порушення вимог студенти усуваються від екзамену.*
- *Під час захисту курсової роботи студент має право для уточнення фізичних параметрів процесів скористатись власною курсовою роботою.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри технології електрохімічних виробництв, д.т.н., професором Лінючевою Ольгою Володимирівною.

Ухвалено кафедрою **ТЕХВ** (протокол № 13 від 28.06.2021)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 23.06.2021)