



КІНЕТИКА ЕЛЕКТРОДНИХ ПРОЦЕСІВ

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	Перший (магістерський)
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Хімічні технології та інженерія
Статус освітньої компоненти	Цикл професійної підготовки ВИБІРКОВА
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг освітньої компоненти	4 кредити ECTS (120 годин: 16 лекцій ; 28 лабораторних; 76 СРС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / МКР / РГР
Розклад занять	Лекція 1 пара раз на два тижні, лабораторні заняття 2 години на тиждень за розкладом на rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.х.н., к.т.н., ст.викл. Білоусова Ніна Аркадіївна Лабораторні роботи: к.т.н., ст.викл. Білоусова Ніна Аркадіївна
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача

Програма освітньої компоненти

1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітня компонента «Кінетика електродних процесів» відноситься до дисциплін вільного вибору магістрів професійної підготовки освітньої програми «Хімічні технології неорганічних електродних матеріалів та водоочищення». **Предметом** освітньої компоненти є вивчення і закріплення теоретичних знань, набуття практичного досвіду роботи у визначенні кінетики електрохімічних реакцій та виду електродної перенапруги, які мають місце у технології електрохімічних виробництв.

Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою освітньої компоненти є формування у студентів компетенцій: ЗК1 Здатність генерувати нові ідеї (креативність); ЗК2 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; ЗК3 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові компетентності: ФК1. Здатність досліджувати, класифікувати і аналізувати показники якості хімічної продукції, технологічних процесів і обладнання хімічних виробництв. ФК6. Здатність ідентифікувати, аналізувати і з науково-обґрунтованою аргументацією планувати стратегію вирішення хіміко-технологічних проблем і задач хімічних виробництв.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

ПРН1 Критично осмислювати наукові концепції та сучасні теорії хімічних процесів та хімічної інженерії, застосовувати їх при проведенні наукових досліджень та створенні інновацій.

ПРН2 Здійснювати пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію.

ПРН5 Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення і презентації результатів професійної діяльності, досліджень та проектів

ПРН6 Розробляти та реалізовувати проекти в сфері хімічних технологій та дотичні до неї міждисциплінарні проекти з урахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів

ПРН9 Організовувати та проводити синтез каталізаторів/адсорбентів, наноматеріалів, функціональних покриттів/реагентів; створювати системи перетворення енергії та технології хімічної переробки відходів.

ПРН10 Реалізовувати технології неорганічних, електродних матеріалів та підготовки/очищення води із урахуванням захисту обладнання від корозії.

Згідно з вимогами програми освітньої компоненти студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі результати навчання:

Зокрема знання з:

- основних ознак та характеристик рівноважних та нерівноважних електродних процесів;
- основних понять та методів дослідження кінетики електродних процесів;
- видів електродної поляризації та електродної перенапруги;
- закономірностей перебігу електродних процесів, теорій виникнення різних видів перенапруги;
- основних кінетичних характеристик електродних реакцій;
- способів впливу на кінетичні характеристики електродних реакцій та швидкість їх перебігу.

уміння:

- використовувати закони Фарадея для опису електрохімічних процесів;
- виявляти види електродної перенапруги на основі аналізу поляризаційних кривих;
- розраховувати кінетичні характеристики основних стадій електродних процесів;
- використовувати отримані знання для рішення різноманітних завдань теоретичної та практичної електрохімії.

досвід:

- у визначенні направленості та швидкості різноманітних електрохімічних реакцій, які мають місце в технології електрохімічних виробництв;
- кількісної оцінки різних факторів, які впливають на перебіг електродних реакцій в технології електрохімічних виробництв чи обладнанні;
- у визначенні шляхів керування і регулювання електрохімічними реакціями з метою вибору оптимальних умов проведення процесів та прогресивних технологічних схем;
- в обґрунтуванні вибору матеріалів, електролітів, умов проведення реакційних перетворень, вмісту добавок та ПАР до електролітів та агресивних розчинів при протіканні різноманітних електрохімічних процесів, розробці електрохімічних установок та приладів, методів захисту металів від корозії тощо.

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

Для успішного засвоєння освітньої компоненти «Кінетика електродних процесів» студенту необхідні знання та уміння, що були отримані під час вивчення дисциплін «Теоретична електрохімія», «Технічна електрохімія», «Матеріалознавство». «Корозія та захист металів»,

Послідовне і систематичне вивчення цієї освітньої компоненти та завдань для самостійної роботи дозволяє студентам придбати спеціальні знання та вміння, необхідні при виконанні магістерських робіт і в подальшій інженерній або науковій діяльності за фахом на підприємствах і в наукових-дослідних інститутах.

3. Зміст освітньої компоненти

Розділ 1. Загальна характеристика нерівноважних електродних процесів

Тема 1.1. Ознаки та характеристики нерівноважних електродних процесів

Тема 1.2. Хімічна дія електричного струму

Тема 1.3. Загальна характеристика кінетики електродних процесів

Розділ 2. Види електродної перенапруги.

Тема 2.1 Дифузійна перенапруга

Тема 2.2. Реакційна (хімічна) перенапруга

Тема 2.3. Електрохімічна перенапруга

Тема 2.4. Фазова перенапруга

Розділ 3. Кінетика деяких електродних процесів

Тема 3.1. Основні закономірності електрохімічної кінетики виділення водню та кисню

Тема 3.2. Основні закономірності кінетики електрохімічних редокс-процесів

Тема 3.3. Основні закономірності електрохімічного виділення і розчинення металів

Розділ 4. Складні та суміщені електродні реакції

Тема 4.1. Складні електродні реакції

Тема 4.2. Суміщені електродні реакції

Тема 4.3. Наукові напрямки розвитку сучасної електрохімії

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 лабораторних заняттях.

Базова:

1. Антропов Л.І. Теоретична електрохімія. - Київ.: Либідь, - 1993, - 544 с.

2. Горбачов А.К. Технічна електрохімія. Ч.1. Електрохімічні виробництва хімічних продуктів. – Харків : Видавництво "Прапор", 2002. - 254с;

3. Байрачний Б.І. Технічна електрохімія: Підруч. для вищ. навч. закл. за напрям. підг.: Хімічна технолог. та інженерія. - Харків: Прапор, 2003. - Ч.2.: Хімічні джерела струму. - 2002. 174 с;

4. Погребова І.С. Інгібітори корозії металів: Навчальний посібник. – К.: „Хай-Тек Прес”, 2012. – 296с.

5. Феттер К. Електрохімічна кінетика. Пер. з нім. /Піл ред. Я.М. Колотиркіна –М: Хімія, 1967. – 856 с.

Додаткова:

6. Методичні вказівки «**Кінетика електродних процесів. Лабораторний практикум**». [Електронний ресурс] : лаб. практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Хімічні технології неорганічних, електродних матеріалів та водоочищення» спец. «Хімічні технології та інженерія»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І.С. Погребова, Н.А. Білоусова, С.В. Фроленкова – Електрон. текст. дані (1 файл, 5,75 МБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 114 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/70864>

7. Методичні вказівки до організації лабораторних, практичних занять та самостійної роботи за темою „КІНЕТИКА СУМІЩЕНИХ РЕАКЦІЙ” для студентів спеціальностей „Технічна електрохімія” і „Хімічна технологія рідкісних розсіяних елементів та матеріалів на їх основі” денної та заочної форм навчання / Уклад. М.Д. Сахненко, В.М.Артеменко, В.В. Штефан.– Харків: НТУ "ХПІ", 2007. – 32 с.

8. Коробов, В.І. Посібник до вивчення курсу «Електрохімічна кінетика» [Текст]/ В.І. Коробов, І.А. Медведєва. –Д.: РВВ ДНУ, 2009. – 28 с.

Інформаційні ресурси:

- база даних Science Direct видавництва Elsevier:
- <https://www.goodreads.com/shelf/show/electrochemistry>;
- Petrovic, S. (2021). Electrochemical Kinetics. In: Electrochemistry Crash Course for Engineers. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61562-8_6.

Навчальний контент

5.Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

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

№ з/п	Назва теми лекції і перелік основних питань
1	Тема 1. Загальна характеристика кінетики електродних процесів Основні ознаки та характеристики рівноважних та нерівноважних електродних процесів. Закони Фарадея. Вихід речовини за струмом. Випадки відхилення від законів Фарадея. Закон Фарадея і швидкість електрохімічних процесів. Основні поняття кінетики електродних процесів. Електрорушійна сила поляризації. Електродна поляризація та електродна перенапруга. Поняття сповільненої стадії. Стадійність електродних процесів. Види електродної поляризації та класифікація поляризаційних явищ.
	Основна література: [1] – с. 287-294;298-302;305-308;323-324;330-331

	Завдання на СРС: Електрохімічний еквівалент [1] – с. 287-290. Вихід речовини за струмом. [1] – с. 291-293. Стадійність процесу виділення металів. Виділення водню. [1] – с. 303-305
2	Тема 2. Дифузійна перенапруга. Поняття про дифузійну перенапругу. Шляхи доставляння частинок до поверхні електродів. Теорія дифузійної перенапруги без урахування конвекції (теорія Нернста -Бруннера). Основне рівняння, яке зв'язує дифузійну перенапругу та густину катодного струму. Поляризаційний опір при дифузійній перенапрузі. Гранична катодна дифузійна густина струму. Недоліки теорії Нернста-Бруннера. Основні положення дифузійної перенапруги з урахуванням конвективної дифузії. Шар Прандтля. Обертовий дисковий електрод та дисковий електрод з кільцем. Основи полярографії. Значення дифузійної перенапруги для електрохімічних процесів.
	Основна література: [1] – с. 309-316; 319-321
	Завдання на СРС: Вивід рівняння для анодної дифузійної перенапруги [1] – с. 317, 319. Деякі практично важливі випадки конвективної дифузії [1] – с. 322-329. Основи полярографії [1] – с. 324-330.
3	Тема 3. Реакційна (хімічна) перенапруга. Загальна характеристика реакційної перенапруги, її значення в електрохімії. Теорія реакційної перенапруги в умовах сповільненості гетерогенної хімічної реакції. Основне рівняння, яке зв'язує реакційну перенапругу та густину струму. Поляризаційний опір в умовах реакційної перенапруги. Формула Тафеля. Гранична реакційна густина струму. Аналіз рівняння Тафеля та його використання для опису процесу виділення водню в умовах сповільнення гетерогенної хімічної реакції. Загальна характеристика реакційної перенапруги в умовах сповільненості гомогенної хімічної реакції.
	Основна література: [1] – с. 331-338
	Завдання на СРС: Реакційна перенапруга в умовах сповільненої гомогенної реакції. [1] – с. 339-341
4	Тема 4. Електрохімічна перенапруга. Причини електрохімічної перенапруги. Основи теорії електрохімічної перенапруги, яка не враховує структуру подвійного електричного шару. Виведення основного рівняння електрохімічної перенапруги (рівняння Ердей-Груза і Фольмера) .Три окремі випадки цього рівняння. Формула Тафеля при сповільненості електрохімічної стадії, розрахунок її основних констант. Теорія електрохімічної перенапруги, яка враховує структуру подвійного шару. Вплив структури подвійного електричного шару на межі електрод-електроліт на швидкість електродних реакцій. Рівняння електрохімічної напруги, яке враховує структуру подвійного шару. Основні кінетичні характеристики електрохімічної стадії. Струм обміну і коефіцієнт переносу.
	Основна література: [1] – с. 358-373; 378-388.
	Завдання на СРС: Адсорбційна теорія Штерна та її застосування в теорії електрохімічної реакції та стехіометричне число. [1] – с. 381-384. Безбар'єрний та безактиваційний процес. Подальший розвиток електрохімічної перенапруги. [1] – с. 386-389.
5	Тема 5. Фазова перенапруга. Загальна характеристика фазових перетворень. Формула Томсона. Специфіка фазових перетворень в електрохімічних процесах. Зародження нової фази. Тривимірні та двовимірні зародки. Рівняння, які зв'язують фазову перенапругу та густину катодного струму при сповільненні утворення тривимірних та двовимірних зародків.

	Кристалохімічна теорія електрокристалізації. Роль мікроструктури і дефектів поверхні в процесах електрокристалізації. Роль явищ дегідратації в процесах катодного виділення металів. Адатоми і адіони. Поверхнева дифузія при електровиділенні металів.
	Основна література: [1] – с. 342-348; 350-356.
	Завдання на СРС: Загальна характеристика фазових перетворень [1] – с. 341-342. Роль явища дегідратації в процесі катодного виділення металів [1] – с. 353-356. Особливості катодного утворення полікристалічних осадів. [1] – с. 357-358.
6	Тема 6. Основні закономірності електрохімічної кінетики виділення водню та кисню. Загальна характеристика процесу виділення водню. Вплив різних факторів на процес виділення водню (густини струму та матеріалу, температури та складу розчину). Можливі стадії та шляхи виділення водню, види перенапруги. Основні причини різного механізму виділення водню на металах. Загальна характеристика процесу виділення кисню. Вплив різних факторів на перенапругу виділення кисню.
	Основна література: [1] – с. 409-439; 432-440; [4] – с. 21-26
	Завдання на СРС: Джерела виділення водню [1] – с. 409-410. Можливі механізми електрохімічного виділення кисню: [1] – с. 436-440
7	Тема 7. Основні закономірності кінетики електрохімічних редоксі – процесів. Загальна характеристика електрохімічних редоксі - процесів. Загальна характеристика електрохімічного анодного розчинення металів. Вплив різних факторів на анодне розчинення металів. Пасивність металів, принципи її виникнення. Анодна поляризаційна крива металу, схильного до пасивації.
	Основна література: [1] – с. 441-446; 454-466.
	Завдання на СРС: Електровідновлення неорганічних речовин [1] – с. 447-450;
8	Залік

Лабораторні роботи

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях, а також придбання практичного досвіду роботи на потенціостатах, обробки експериментальних поляризаційних кривих.

№	Назва лабораторної роботи	Опис запланованої роботи	Години
1	Вступне заняття. Кінетика електрохімічного виділення водню	Загальна техніка безпеки в хімічній лабораторії. Особливості техніки безпеки при використанні спеціального обладнання. Основні прийоми роботи зі спеціальним обладнанням. Вплив природи металу та природи електроліту на перенапругу виділення водню . Розрахунки кінетичних характеристик процесу.	8
2	Кінетика електрохімічних редоксі- процесів	Дослідження редоксі - процесів, які відбуваються за участі неорганічних оксоаніонів різної природи.	4
3	Дифузійна кінетика електрохімічних процесів в стаціонарних умовах та в умовах перемішування при використанні обертового дискового електрода	Дослідження дифузійної кінетики електрохімічних процесів в стаціонарних умовах та в умовах перемішування при використанні обертового дискового електрода	8

4	Кінетика анодного розчинення металів	Вивчення анодного розчинення металів в активній та пасивній області. Вплив галогенідів на анодне розчинення металу.	4
5	Кінетика суміщених електродних реакцій	Дослідження суміщених електрохімічних процесів при корозії металів з водневою та кисневою деполяризацією.	4
	Загальна кількість годин		28

6. Самостійна робота студента

Мета СРС – поглиблення знань та осмислення матеріалу студентами з освітньої компоненти «Кінетика електродних процесів» під час їх самостійних поза аудиторних занять. Вона включає: вивчення лекційного матеріалу за конспектами, підручниками та додатковою літературою, що рекомендована для самостійної роботи над розділами, які не були розглянуті на лекціях або потребують поглибленого вивчення.

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, складання протоколів для проведення лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт.	2 – 3 години на тиждень. 0,5-1 год. – підготовка до лекції, 2 год. – підготовка до лабораторної роботи та оформлення протоколу.
Виконання РГР	10 годин
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	4 години
Підготовка до заліку	6 годин
Загальна кількість годин	76

Політика та контроль

7. Політика освітньої компоненти

У звичайному режимі роботи університету лекції та лабораторні роботи проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, Meet, ZOOM тощо, лабораторні роботи – в лабораторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, Meet, ZOOM. Відвідування лекцій є бажаним, лабораторних робіт - обов'язковим.

На початку лекції може проводитися опитування за матеріалами попередніх лекцій. Після закінчення чергової теми лектор може провести експрес контроль з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила призначення заохочувальних балів.

1. За модернізацію лабораторних робіт нараховується від 1 до 7 заохочувальних балів;
2. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 7 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: опитування на лекціях, виконання і захист лабораторних робіт, МКР, ДКР.
2. Календарний контроль: атестації проводяться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: письмовий залік

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

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

- Виконання та захист 5 лабораторних робіт;
- написання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання розрахункової роботи (РГР).

2. Критерії нарахування балів:

Виконання і захист лабораторних робіт.

2.1. Кожна лабораторна робота – 8 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює $8 \times 5 = 40$ балів. До захисту лабораторних робіт допускаються студенти, які брали участь у виконанні лабораторної роботи, правильно оформили протокол, представили повний та вичерпний висновок (при неправильно виконаних роботах і розрахунках їх слід виправити).

- завдання виконано і оформлено на високому рівні; продемонстровано здатність до самостійної роботи; наведено докладний опис методики експерименту, обробки та аналізу результатів, висновки – 7,5 – 8 балів;

- завдання виконано на високому рівні, але студент продемонстрував недостатню самостійність; незначні зауваження щодо повноти та якості оформлення роботи або розрахунків кінетичних характеристик (не менше 80 % інформації) – 6,0 -7,5 балів;

- завдання виконано несвоєчасно, має суттєві зауваження до оформлення і виконання завдання (менше 60%) 5- балів;

- низький рівень і якість виконання і оформлення завдання лабораторної роботи, неповні відповіді по захисту лабораторної роботи – 2-4 бали:

- суттєві зауваження щодо повноти і оформлення протоколу; неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

2.2. Модульний контроль

Модульна контрольна робота (МКР) проводиться у вигляді контрольних завдань і виконується на лекційному занятті. МКР містить 4 запитання, кожне з яких оцінюється у 5 балів. Ваговий бал за МКР – **20 балів**.

Оцінювання роботи за кожне запитання проводиться за наступною шкалою:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 5,0- 4,5 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 3,7 - 4,3 бали;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3,0 - 3,5 бали;

- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

2.3. Розрахункова робота.

Розрахункова контрольна робота (РГР) містить 3 запитання, кожне з яких оцінюється у 10 балів. Ваговий бал за РГР – **30 балів**. РГР проводиться в письмовій формі у вигляді контрольних завдань.

Захист РГР – останнє лабораторне заняття. Але ДКР на перевірку викладачу подається за 3 тижні до цього. Після перевірки РГР викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною. Якщо студент бажає підвищити бал, він може захистити свою точку зору та відповісти на додаткові питання.

Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9,0 – 10,0 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7,5 – 8,9 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 5,5 - 6,0 балів;
- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

2.4. Опитування на лекції. На поточному лекційному занятті викладач може проводити опитування за матеріалами попередньої лекції

- Максимальна сума балів при опитуванні на лекціях -10 балів
За вірну ґрунтовну відповідь студент отримує 2 бали.

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 $0,5 \cdot 21^1 = 10$ балів. На другому календарному контролі (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 42^2 = 21$ балу.

4. Залік.

Умовою допуску до заліку є зарахування лабораторного практикуму, написання МКР, РГР та кількість рейтингових балів не менше 60.

На заліку студенти одержують оцінку відповідно набраним балам.

Максимальна сума балів, яку здобувач може набрати протягом семестру, складає :

$$RC = r_{\text{лб}} + r_{\text{дкр}} + r_{\text{мкр}} + r_{\text{лек}} = 40 + 30 + 20 + 10 = 100 \text{ балів.}$$

Якщо студент отримав допуск (виконав усі лабораторні, здав РГР, виконав МКР), але не набрав 60 балів (чи набрав, але хоче мати вищу оцінку), тоді він повинен писати ЗКР (його бали за МКР та лабораторні анулюються), і сумарна оцінка виставляється за його рейтингом, який складається з балів за РГР та ЗКР. Шкала ЗКР -70 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре

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

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

84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Додаткова інформація з освітньої компоненти

- Перелік матеріалів, якими дозволено користуватись під час заліку – під час заліку студенту заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та літературу. За порушення вимог студенти усуваються від заліку
- Перелік питань до МКР та заліку доступні для студентів у системі Електронного кампусу КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Перелік питань до залікової контрольної роботи.

1. Наведіть порівняльну характеристику рівноважних та нерівноважних процесів.
2. Наведіть та проаналізуйте закони Фарадея. Поясніть випадки відхилення від них.
3. Поясніть основні поняття кінетики електродних процесів: «електрорушійна сила», «електродна поляризація», «перенапруга». Наведіть їх класифікацію.
4. Наведіть стабільність процесу катодного виділення водню, вкажіть види перенапруги, які виникають при протіканні цих реакцій.
5. Наведіть стабільність процесу катодного виділення срібла, вкажіть види перенапруги, які виникають.
6. Дайте термодинамічну трактовку дифузійної перенапруги. Наведіть шлях доставлення до поверхні металу реагуючих частинок.
7. Наведіть та проаналізуйте основні положення дифузійної перенапруги Нернста-Бруннера.
8. Наведіть та проаналізуйте картину зміни складу розчину та швидкості руху рідини у поверхні електроду при виникненні дифузійної перенапруги.
9. Наведіть та проаналізуйте типову катодну поляризаційну криву, яка виникає при дифузійній перенапрузі. Поясніть поняття: «поляризаційний опір», «граничний дифузійний струм», наведіть формули для їх розрахунку.
10. Наведіть основні положення теорії дифузійної перенапруги з урахуванням конвекції.
11. Наведіть конструкцію та особливі властивості обертового дискового електроду (ОДЕ), вкажіть приклади його використання в електрохімії.
12. Проаналізуйте значення дифузійної перенапруги у електрохімічних процесах. Запропонуйте шляхи інтенсифікацій електродних процесів з дифузійною перенапругою.
13. Наведіть класифікацію типів реакційної перенапруги, вкажіть приклади.
14. Наведіть виведення рівняння реакційної перенапруги, яка виникає при протіканні гетерогенних хімічних реакцій.
15. Проаналізуйте рівняння реакційної перенапруги, яка виникає при протіканні гетерогенних хімічних реакцій.
16. Проаналізуйте рівняння Тафеля. Покажіть способи визначення кінетичних характеристик електрохімічних реакцій при загальмованості гетерогенної хімічної реакції.

17. Дайте загальну характеристику перенапруги гомогенних хімічних реакцій. Наведіть основні положення концепції реакційного шару.
18. Наведіть основи полярографії. Покажіть використання полярограм при кількісному та якісному аналізах.
19. Поясніть причини виникнення електрохімічної перенапруги. Наведіть типові потенціальні діаграми, які пояснюють причини виникнення електрохімічної перенапруги при виділенні водню.
20. Наведіть виведення 1го рівняння електрохімічної перенапруги (Фольмера-Ердей-Груза).
21. Проаналізуйте три основні випадки 1го рівняння електрохімічної перенапруги.
22. Наведіть способи визначення кінетичних характеристик електрохімічної перенапруги (току обміну, коефіцієнту переносу).
23. Наведіть основні положення адсорбційної теорії Штерна та моделі будови подвійного електричного шару за цією теорією.
24. Наведіть та проаналізуйте моделі подвійного електричного шару за Гремом.
25. Наведіть основні положення теорії електрохімічної перенапруги, яка враховує будову подвійного електричного шару.
26. Наведіть виведення рівняння електрохімічної перенапруги, яке враховує будову подвійного електричного шару (2е рівняння перенапруги).
27. Проаналізуйте 2е рівняння електрохімічної перенапруги, яке враховує будову подвійного електричного шару.
28. Наведіть і проаналізуйте рівняння Тафеля. Покажіть способи його використання при розрахунках кінетичних характеристик електрохімічної стадії.
29. Поясніть поняття: «порядок електрохімічної реакції», «стехіометричне число». Покажіть їх використання в електрохімії.
30. Проаналізуйте формулу Фрумкіна щодо реакції виділення водню із розчинів лугів.
31. Наведіть і проаналізуйте шляхи впливу ПАР катіонного, аніонного та молекулярного типу на виділення водню із розчинів кислот та розчинів лугів.
34. Наведіть шляхи подальшого розвитку теорії електрохімічної перенапруги.
35. Наведіть та проаналізуйте формулу Томсона для пояснення фазової перенапруги..
36. Дайте загальну характеристику і наведіть особливості фазових перетворень у електрохімічних системах.
37. Наведіть основні положення теорії фазової перенапруги в умовах загальмованості зародження нової фази.
38. Наведіть основні положення теорії фазової перенапруги в умовах загальмованості росту нової фази.
39. Наведіть основні положення кристалохімічної теорії електрокристалізації.
40. Наведіть особливості катодного утворення полікристалічних осадів. Поясніть поняття «структура», «текстура осаду», «характер осаду».
41. Поясніть роль явищ дегідратації в процесах катодного осадження металів. Наведіть шляхи втрачання катіоном гідратної оболонки при електроосадженні металів.
42. Наведіть джерела і основні шляхи катодного виділення водню, види перенапруги, які виникають.

43. Наведіть і поясніть вплив різних факторів (природи металу, густини струму, температури, складу розчину) на процес виділення водню.
44. Наведіть та поясніть причини розподілу металів на дві основні групи відносно механізму виділення водню.
45. Дайте загальну характеристику процесу анодного виділення кисню. Наведіть основні реакції та види перенапруги.
46. Проаналізуйте вплив різних факторів на анодне виділення кисню.
47. Дайте загальну характеристику і наведіть приклади електрохімічних редокс-процесів.
48. Поясніть вплив адсорбційних властивостей органічних та неорганічних сполук на процеси відновлення на різних металах. Наведіть приклади.
49. Наведіть і поясніть вплив різних факторів (приклади металу, густини струму, складу розчину) на металеву перенапругу.
50. Наведіть та поясніть причини різної перенапруги виділення металів на різних металах із простих електролітів.
51. Наведіть та поясніть причини впливу ПАР на властивості катодних осадів.
52. Дайте загальну характеристику процесу анодного розчинення металів. Наведіть схему протікання процесу, види перенапруги.
53. Наведіть основні положення адсорбційно-хімічної теорії розчинення металів.
54. Наведіть та поясніть хід анодної поляризаційної кривої металів, схильних до пасивації. Вкажіть основні ділянки на цій кривій, струми та потенціали.
55. Дайте загальну характеристику пасивності металів. Наведіть теорії пасивного стану металів.
56. Охарактеризуйте процес корозії металів як частковий випадок суміщених електродних реакцій. Наведіть типові поляризаційні криві (часткові, результативні) цього процесу у випадках водневої та кисневої деполяризації.

Робочу програму освітньої компоненти (силабус):

Складено професором кафедри технології електрохімічних виробництв, д.т.н., професором Погребовою Інною Сергіївною, ст. викладачем, к.т.н. Білоусовою Н.А.

Ухвалено кафедрою технології електрохімічних виробництв (протокол № 15_від 23.06.2025 р.

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 26 червня 2025 року)