



# ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ ОСАДЖЕННЯ І РОЗЧИНЕННЯ МЕТАЛІВ

## 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 (цикл професійної підготовки)</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, 6-ий семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>7 кредитів (210 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен усний</i>
Розклад занять	<i>Лекції 2 години на тиждень (1 пара); практичні заняття 2 години (1 пара); лабораторні заняття 2 години на тиждень (1 пара)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Мотронюк Тетяна Іванівна, Telegram @t_motroniuk, <a href="mailto:motroniuk.tetiana@ill.kpi.ua">motroniuk.tetiana@ill.kpi.ua</a> Практичні: к.т.н., доцент Мотронюк Тетяна Іванівна <a href="mailto:motroniuk.tetiana@ill.kpi.ua">motroniuk.tetiana@ill.kpi.ua</a> , Telegram @t_motroniuk Лабораторні: к.т.н., доцент Мотронюк Тетяна Іванівна, <a href="mailto:motroniuk.tetiana@ill.kpi.ua">motroniuk.tetiana@ill.kpi.ua</a> , Telegram @t_motroniuk
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача; Кампус</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

*Освітня компонента (ОК) «Основи процесів осадження і розчинення металів» призначена для оволодіння теоретичними основами процесів осадження та розчинення металів, сплавів та композиційних електрохімічних покриттів.*

*Метою освітньої компоненти є формування у студентів компетентностей:*

- *здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК!);*
- *знання та розуміння предметної області і професійної діяльності (ЗК3);;*
- *вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК11);*
- *здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК12);*
- *здатність використовувати знання та розуміння загальної хімічної технології, процесів і апаратів хімічних виробництв для аналізу, оцінювання і проектування технологічних процесів і устаткування (ФК4);*
- *здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для реалізації та контролю хімічних виробництв (ФК6);*

- навички безпечного поводження з хімічними матеріалами, з урахуванням їх фізичних та хімічних властивостей, у тому числі, небезпек, пов'язаних з їх використанням (ФК10).

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

Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики. ПР05.

Розуміти основні властивості конструкційних матеріалів, принципи та обмеження їх застосовування в хімічній інженерії. ПР06.

Обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв. ПР07.

Забезпечувати безпеку персоналу та навколишнього середовища. ПР09.

Обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати власну позицію. ПР10.

Вільно спілкуватися з професійних питань усно і письмово державною та іноземною мовами ПР11.

Розуміти основні електрохімічні закономірності та способи управління технологічними процесами. ПР14.

Розуміти основні способи і методи одержання металічних і неметалічних покриттів різного функціонального призначення. ПР15.

**Зокрема, продемонструвати знання :**

- основні положення кінетики електролітичного виділення водню та кисню;
- основи кінетики електрохімічного виділення металів;
- теоретичні закономірності перебігу процесів осадження і розчинення металів електрохімічним та хімічним способами;
- вплив різних чинників на якість одержуваних електрохімічним і хімічним способами металевих і неметалевих осадів; шляхи покращення якості вказаних осадів, збільшення продуктивності та економічної ефективності процесів їх нанесення;
- вимоги до процесів осадження та розчинення металів в гальванотехніці, гідроелектрометалургії та електрохімобробці;
- теоретичні передумови вибору електролітів та режимів електролізу для осадження металів, сплавів, композиційних електрохімічних покриттів та одержання неметалевих покриттів вказаних виробництв;
- теоретичні основи осадження металів із розбавлених розчинів з метою очистки промивних та стічних вод, збереження кольорових та коштовних металів, вилучення металів із розчинів в гідрометалургії

**та уміння:**

- використовувати одержані знання з курсу "Теоретичної електрохімії" для аналізу та опису різноманітних електрохімічних реакцій;
- використовувати на практиці вивчені теоретичні закономірності перебігу процесів осадження та розчинення металів електрохімічним і хімічним способами;
- формулювати основні вимоги до процесів осадження і розчинення металів в гальванотехніці, гідроелектрометалургії та при електрохімобробці;
- записувати реакції основних та побічних процесів електрохімічного і хімічного осадження і розчинення металів вище вказаних виробництв;

- оцінити вплив різних чинників на якість одержуваних металевих і неметалевих осадів;
- проводити обґрунтований вибір металевих та неметалевих покриттів згідно умов експлуатації виробів та вимог споживача;
- вибирати склад електроліту та режим електролізу для нанесення електролітичних металевих та оксидних покриттів;
- виявляти причини браку при нанесенні гальванічних покриттів та визначати заходи для їх усунення;
- здійснювати контроль якості покриттів;
- розраховувати тривалість процесу нанесення гальванічного покриття, струмове навантаження на електролізері, товщину осаджуваного покриття;
- виявляти причини браку при нанесенні гальванічних покриттів та вміти визначати заходи для їх усунення;
- використовувати прогресивні способи покращення якості металевих та неметалевих осадів (подавлення контактного обміну при електроосадженні металів, зменшення дендритотворення, пористості та ін.), підвищення продуктивності їх одержання.

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

Для успішного засвоєння освітньої компоненти **«Основи процесів осадження і розчинення металів»** студенту необхідні знання та уміння, що були отримані під час вивчення ОК «Загальна та неорганічна хімія», «Фізична хімія», «Теоретична електрохімія», «Матеріалознавство», «Основи кристалографії та електрокристалізації металів» та на дисциплінах загальнонавчальної підготовки бакалаврів .

Освітні компоненти, які базуються на результатах вивчення даної освітньої компоненти, відносяться до циклу професійної підготовки: це **гальванопластика, гідроелектрометалургія, нанесення гальванічних покриттів, очистка стічних вод.**

## **3. Зміст освітньої компоненти**

### *Розділ 1 Вступ*

*Тема 1.1. Використання процесів розчинення і осадження металів у технічній електрохімії. Вимоги до осадів металів, сплавів та композиційних електрохімічних покриттів (КЕП)*

*Осадження та розчинення металів у виробництвах гальваностегії, гальванопластики, гідроелектрометалургії, порошкової металургії та електрохімічної обробки металів (ЕХО).*

*Вимоги до осадів. Структура металевих осадів: ознаки структури; методи вивчення структури; вимоги до структури осадів у виробництвах, вказаних у п. Відсутність пор, пітингу, мікротріщин у покриттях. Катодні та анодні металеві покриття, механізм захисної дії металу - основи цими покриттями.*

*Рівномірність за товщиною осадів металів на поверхні, що покривають. Адгезія металу-покриття з металом-основи; фактори, що впливають на міцність зчеплення. Сталість складу і структури сплавів та КЕП за товщиною. Спеціальні вимоги.*

### *Розділ 2. Катодні покриття*

*Тема 2.1 Вплив різних чинників на перенапругу виділення металу, його структуру і властивості*

*Зв'язок перенапруги виділення металу, його структури і властивостей. Класифікація металів за величиною металічної перенапруги при їх виділенні із розчинів простих солей Вплив компонентів простих кислих і комплексних лужних електролітів, їх концентрації на перенапругу виділення металу, структуру і властивості одержуваного осаду.*

*Механізм дії ПАР на катодне виділення металу. Критерії вибору ПАР для електролітів осадження металів. Включення в катодний осадок металевих та неметалевих домішок. Текстура*

електролітичних осадів металів. Способи одержання блискучих покриттів. Блискоутворювачі, їх класифікація і механізм дії.

Вплив умов (режимів) електролізу: густини струму, температури, відносного руху електроліту і електроду, різних режимів поляризуючого струму - на перенапругу виділення металу, його структуру і властивості.

Умови електролітичного одержання губчатих (порошкоподібних) осадів металів.

Тема 2.2. Сумісне виділення металу і водню

Потенціали металевих електродів у розчинах їх солей та їх значення для процесів електроосадження. Застосування діаграми Пурбе води для прогнозування можливості виділення водню при електроосадженні металів із електролітів різної природи (на прикладах осадження міді, цинку, нікелю, срібла, олова). Роль перенапруги при сумісному виділенні металу і водню. Негативний вплив побічного процесу виділення водню при електроосадженні металів. Способи зменшення швидкості виділення водню.

Тема 2.3. Сумісний розряд іонів металів і електрохімічне одержання сплавів

Основні закономірності суміщеного розряду іонів різних металів. Вплив різних факторів на електроосадження сплавів. Електрокристалізація сплавів. Структура і властивості електролітичних сплавів.

Тема 2.4. Композиційні електрохімічні покриття (КЕП) і матеріали

Види композиційних електрохімічних покриттів і сфери їх застосування. Електроліти - суспензії та їх властивості. Порошкові матеріали, що використовуються для одержання КЕП. Механізм і кінетика утворення КЕП. Вплив різних факторів на утворення і склад КЕП.

Композиційні електрохімічні матеріали (КЕМ). Особливості електроосадження металів в процесах одержання КЕМ.

Тема 2.5. Розподіл струму і металу на катодній поверхні

Загальні відомості. Природа розсіювальної здатності електролітів і механізм перерозподілу струму в них. Вплив різних факторів на розподіл струму і металу. Способи оцінки розсіювальної здатності електролітів.

Мікророзсіювальна здатність електролітів. Покривна здатність електролітів. Способи покращення рівномірності розподілу металу на катоді.

Тема 2.6. Адгезія електролітичних осадів металів до поверхні, яка покривається

Якість поверхні виробів, що покривають. Фактори, які впливають на адгезію осадів до поверхні, що покривають.

Підготовка поверхні виробів перед осадженням металів. Механічні способи підготовки: шліфування, полірування, галтування, вібраційні та струминноабразивні способи обробки, крацювання. Механізм перебігу вказаних процесів.

Хімічні та електрохімічні способи підготовки поверхні виробів перед осадженням металів: знежирення в органічних розчинниках; хімічне знежирення в лужних розчинах і миючих засобах; емульсійне знежирення; електрохімічне знежирення; хімічне травлення та електрохімічне травлення; суміщене знежирення і травлення; активація поверхні. Механізм перебігу вказаних процесів. Промивка поверхні, яку покривають, між підготовчими операціями.

Контактний обмін металів (цементація) в технічній електрохімії. Механізм і кінетика контактного обміну металів (цементації).

Способи збільшення швидкості процесу цементації при виділенні металів в гідрометалургії і очистці стічних вод. Способи подавлення чи зменшення швидкості контактного обміну металів у гальванотехніці.

Використання контактного обміну металів для одержання покриттів, внутрішній електроліз.

Хімічне відновлення металів.

## *Тема 2.7. Різне*

*Осадження металів на алюміній, магній, титан та їх сплави.*

*Осадження металів із неводних розчинів.*

*Теоретичні передумови вибору електролітів для осадження металів, сплавів.*

### *Розділ 3 Анодні процеси*

*Тема 3.1. Анодні процеси. Анодна поведінка металів у процесах гальванотехніки, ГЕМ та ЕХО*

*Використання розчинних і нерозчинних анодів у гальванотехніці, ГЕМ та ЕХО. Анодне розчинення чистих металів і металів, які містять металеві і неметалеві домішки.*

*Розчинення анодів з утворенням катіонів різного заряду. Анодне розчинення сплавів.*

*Механізм пасивації металевих анодів. Пасивація розчинних анодів і способи її усунення. Матеріали нерозчинних анодів, які використовуються у гальванотехніці та гідрометалургії. Електрохімічні процеси на нерозчинних анодах.*

### *Тема 3.2. Електрохімічне і хімічне полірування*

*Основи теорії процесів електрохімічного і хімічного полірування. Електрохімічне і хімічне полірування сталі.*

### *Тема 3.3. Неметалеві покриття, які одержують при анодному розчиненні металу-основи*

*Загальні відомості. Теорія процесів утворення оксидних і фосфатних плівок на сталі.*

*Механізм утворення анодних плівок на алюмінії та його сплавах.*

## **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.-544с.*
- 2. Якименко Г.Я., Артеменко В.М. Технічна електрохімія. Ч.3. Гальванічні виробництва: Підручник / За ред.. Б.І. Байрачного. - Харків: НТУ "ХПІ", 2006. – 272 с.*
- 3. Корж В.М., Кузнецов В.Д., Борисов Ю.С., Юценко К.А. Нанесення покриття: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2005. – 204 с.*

### **Додаткова:**

- 4. Кунтий О. І. Гальванотехніка: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2004. - 236 с.*
- 5. Антропов Л.І., Лебединський Ю.Н. Композиційні електрохімічні покриття і матеріали. - К: Техніка, 1986.-200с*
- 6. The Anodization of Aluminum for Nanotechnology Applications // JOM: the journal of the Minerals, Metals & Materials Society, June 2010. DOI: 10.1007/s11837-010-0088-5.*
- 7. Modern Electroplating / edited by Mordechai Schlesinger, Milan Paunovic. - Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2010. - 737 p.*
- 8. Костін М.О., Кублановський В.С., Заблудовський В.А. Імпульсний електроліз. - К: Наукова думка, 1989.-168с*
- 9. Мотронюк Т.І., Ущиповський Д.Ю., Лінючева О.В., Фроленкова С.В., Бик М.В. Основи процесів осадження і розчинення металів. Навчальний посібник. Електронний варіант.-2022.*

## Інформаційні ресурси

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 rbngpv4.

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування освітньої компоненти

##### Лекційні заняття

Проведення лекцій з освітньої компоненти «**Основи процесів осадження і розчинення металів**» проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При проведенні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance. 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	Тема 1.1 <u>Осадження та розчинення металів у виробництвах гальваностегії, гальванопластики, гідроелектрометалургії, порошкової металургії та електрохімічної обробки металів (ЕХО).</u>
2	<u>Загальні вимоги до осадів металів, сплавів та композиційних електрохімічних покриттів (КЕП) вище названих виробництв:</u> Структура металевих осадів: ознаки структури; методи вивчення структури; вимоги до структури осадів у виробництвах, вказаних у лекції 1. Відсутність пор, пітингу, тріщин у покриттях. Катодні та анодні металеві покриття, механізм захисної дії металу-основи цими покриттями. Рівномірність за товщиною осадів металів на поверхні, що покривають. Адгезія металу-покриття з металом-основи; фактори, що впливають на міцність зчеплення. Сталість складу і структури сплавів та КЕП за товщиною.
3	(Тема 2.1) <u>Зв'язок перенапруги виділення металу, його структури і властивостей.</u> Класифікація металів за величиною металічної перенапруги при їх виділенні із розчинів простих солей. Призначення компонентів електролітів для електроосадження металів. Вплив компонентів простих і комплексних електролітів, концентрації іонів металу, який відновлюється, на перенапругу виділення металу, структуру і властивості одержуваного осаду.
4	<u>Механізм дії ПАР на катодне виділення металу.</u> Критерії вибору ПАР для електролітів осадження металів. Включення в катодний осадок металевих та неметалевих домішок. Текстура електролітичних осадів металів. Способи одержання блискучих покриттів. Блискоутворювачі, їх класифікація і механізм дії.
5	Вплив умов (режимів) електролізу: густини струму, температури, відносного руху електроліту і електроду на перенапругу виділення металу, його структуру і властивості. Режимы поляризуючого струму, які покращують якість електролітичних металевих осадів, механізм їх дії на якість електролітичних металевих осадів.
6	Умови електролітичного одержання губчатих (порошкоподібних) осадів металів, використання останніх в різних виробництвах. Причини електроформування губчатих (порошкоподібних) осадів при нанесенні металевих покриттів, електроформуванні виробів.

7	<p><i>(Тема 2.2) <u>Сумісне виділення металу і водню</u> Потенціали металевих електродів у розчинах їх солей та їх значення в процесах електроосадження. Роль перенапруги при сумісному виділенні металу і водню. Вплив складу електроліту та режиму електролізу на процеси сумісного осадження металу та виділення водню. Негативний вплив побічного процесу виділення водню на продуктивність процесу електроосадження металу та якість одержаних осадів. Способи зменшення негативного впливу водню в процесах електроосадження металів. Причини одержання пористих покриттів.</i></p>
8	<p><i>(Тема 2.3) <u>Основні закономірності суміщеного розряду іонів різних металів.</u> Вплив різних факторів на електроосадження сплавів. Електрокристалізація сплавів. Деполяризація і надполяризація в процесах сумісного виділення металів. Аноди в процесах електроосадження сплавів. Вплив металевих та неметалевих домішок електролітів для осадження металів, способи їх видалення.</i></p>
9	<p><i>(Тема 2.4) <u>Види композиційних електрохімічних покриттів і сфери їх застосування.</u> Електроліти - суспензії та їх властивості. Порошкові матеріали, що використовуються для одержання КЕП. Механізм і кінетика утворення КЕП. Вплив різних факторів на утворення і склад КЕП. Композиційні електрохімічні матеріали (КЕМ). Особливості електроосадження металів в процесах одержання КЕМ.</i></p>
10	<p><i>(Тема 2.5) <u>Розподіл струму і металу на катодній поверхні.</u> Загальні відомості. Природа розсіювальної здатності електролітів і механізм перерозподілу струму в них. Вплив різних факторів на розподіл струму і металу. Способи оцінки розсіювальної здатності електролітів. Мікророзсіювальна здатність електролітів та способи її визначення. Криюча здатність електролітів. Способи покращення рівномірності розподілу металу на катоді..</i></p>
11	<p><i>(Тема 2.6) <u>Адгезія електролітичних осадів металів до поверхні, яка покривається.</u> Якість поверхні виробів, що покривають. Фактори, які впливають на адгезію осадів до поверхні, що покривають. Підготовка поверхні виробів перед осадженням металів: Загальна характеристика механічних способів підготовки поверхні деталей перед нанесенням електролітичних покриттів. Механізм перебігу процесів механічного шліфування та полірування.</i></p>
12	<p><i><u>Хімічні та електрохімічні способи підготовки поверхні сталевих виробів перед осадженням металів:</u> знежирення в органічних розчинниках; хімічне та електрохімічне знежирення в лужних розчинах; хімічне та електрохімічне травлення сталевих деталей; активація поверхні. Механізм перебігу вказаних процесів. Промивка поверхні, яку покривають, між підготовчими та основними операціями..</i></p>
13	<p><i><u>Контактний обмін металів (цементация) в технічній електрохімії.</u> Механізм і кінетика контактного обміну металів (цементації). Зміна швидкості цементації (КО) в часі. Способи збільшення швидкості процесу цементації при виділенні металів в гідрометалургії і очистці стічних вод.</i></p>
14	<p><i>Способи подавлення чи зменшення швидкості контактного обміну металів у гальванотехніці: нанесення покриття в області катодного та анодного захисту металу-основи, при потенціалах активного розчинення металу-основи (на прикладах міднення та осадження срібла на сталеві деталі).</i></p>

15	<u>Осадження металевих покриттів на легкі метали.</u> Проблеми осадження металевих покриттів на алюміній із водних розчинів. Особливості осадження металів з неводних розчинів (на прикладі осадження алюмінію).
16	(Тема 3.1) <u>Анодна поведінка металів у процесах гальванотехніки, ГЕМ та ЕХО</u> Використання розчинних, частково розчинних, нерозчинних та комбінованих анодів у гальванотехніці, ГЕМ та ЕХО. Анодне розчинення чистих металів і металів, які містять металеві і неметалеві домішки.
17	Розчинення анодів з утворенням катіонів різного заряду. Анодне розчинення сплавів. Механізм пасивації металевих анодів. Пасивація розчинних анодів і способи її усунення. Матеріали нерозчинних анодів, які використовуються у гальванотехніці та гідрометалургії. Електрохімічні процеси на нерозчинних анодах. (Тема 3.2) <u>Електрохімічна обробка металів (ЕХО)</u> Різновидність процесів ЕХО. Основи процесів ЕХО. Електроліти. Електродні процеси при електрохімічній розмірній обробці. Електроформування виробів шляхом ЕХО. Основи теорії процесів електрохімічного і хімічного полірування. Електрохімічне і хімічне полірування сталі.
18	(Тема 3.3) <u>Неметалеві покриття, які одержують при анодному розчиненні металу-основи (на прикладі анодування алюмінію).</u> Загальні відомості. Механізм утворення анодних плівок на алюмінії та його сплавах. Вплив природи та складу електроліту та режиму електролізу на якість оксидних плівок.

### Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<u>Електроосадження металів і використання його в процесах гальванотехніки та гідроелектрометалургії (на прикладі міді або нікелю).</u> Закони Фарадея, їх використання для розрахунків в процесах електроосадження металів. Вихід металу за струмом та його експериментальне визначення. Електрична схема для осадження металів, сплавів, експериментального визначення виходу металу за струмом, розсіювальної здатності та ін.
2	Потенціали металевих електродів в розчинах їх солей. Використання безструмових потенціалів металів при вивченні процесів електроосадження металів та розробці технологічних процесів.
3	Стадії процесів електроосадження. Поляризація в процесах електроосадження металів, сплавів та КЕП. Вплив компонентів електроліту на поляризацію осадження металу, його структуру та властивості.
4	Вплив режиму електролізу на поляризацію осадження металу, його структуру та властивості.
5	Сумісне виділення металу та водню. Вплив складу електроліту та режиму електролізу на процеси сумісного осадження металу та виділення водню. Способи зменшення негативного впливу водню в процесах електроосадження металів. Причини одержання пористих покриттів.



6	<i>Сумісний розряд іонів металів та електрохімічне одержання сплавів. Композиційні електрохімічні матеріали та покриття.</i>
7	<i>Модульна контрольна робота 1.</i>
8	<i>Аналіз модульної контрольної роботи 1. Розподіл струму і металу на поверхні катоду. Фактори, які впливають на розподіл струму і металу по поверхні катода.</i>
9	<i>Розсіювальна здатність електроліту, її експериментальне визначення. Способи покращення розподілу металу по поверхні катоду. Мікророзсіювальна та покривна здатність електролітів.</i>
10	<i>Хімічне та електрохімічне знежирення поверхні деталей перед нанесенням металевим покриттів. Механізм вказаних процесів. Проведення розрахунків при знежиренні деталей.</i>
11	<i>Травлення, активація поверхні сталевих деталей. Операція промивки. Проведення розрахунків при знежиренні та травленні сталевих деталей.</i>
12	<i>Контактне осадження металів (цементация). Способи подавлення контактного осадження металів в гальванотехніці.</i>
13	<i>Анодне розчинення металів в процесах ГТ та ГЕМ. Пасивація розчинних анодів та способи її усунення.</i>
14	<i>Теоретичні передумови вибору типу, матеріалів анодів в процесах ГТ при підготовчих операціях та при осадженні металів.</i>
15	<i>Основи процесів електрохімічного та хімічного полірування металів.</i>
16	<i>Основи процесів ЕХО. Електродні процеси при електрохімічній розмірній обробці. Електроформування виробів шляхом ЕХО.</i>
17	<i>Механізм отримання оксидних плівок на алюмінії. Основні та побічні електрохімічні процеси на аноді, хімічні процеси, які перебігають при отриманні вказаних плівок.</i>
18	<i>Вплив природи та складу електроліту і режиму електролізу на якість оксидних плівок. Ематалювання. Механізм отримання вказаних покриттів.</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..

Одна година першого лабораторного заняття присвячена інструктажу та навчанню з техніки безпеки в хімічній лабораторії.

<i>№ з/п</i>	<i>Назва лабораторної роботи</i>	<i>Кількість ауд. годин</i>
1	<i>Вплив підготовки поверхні металевих деталей на якість осаджуваних гальванічних покриттів</i>	4
2	<i>Визначення швидкості контактного обміну металів</i>	4
3	<i>Сумісне виділення металу і водню</i>	4
4	<i>Вплив складу електроліту та режиму електролізу на поляризацію виділення металу та його властивості</i>	8
5	<i>Визначення розсіювальної здатності електролітів</i>	4
6	<i>Електрохімічне полірування міді, латуні, сталі.</i>	7
7	<i>Вплив різних параметрів на отримання оксидних плівок на алюмінії</i>	4

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

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

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу; проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт	3 години на тиждень
Виконання розрахункової роботи	15 годин
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	6 години
Підготовка до екзамену	30 годин

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекційні, практичні та лабораторні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні 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 недопуску до виконання наступної лабораторної роботи.

#### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. Запізнення на лабораторне заняття (зумови їх проведення в звичайному та змішаному режимах роботи Університету) штрафуються 0,25 бала за кожні 15 хвилин запізнення, тому що призводять до затримки виконання усієї бригадою студентів;

#### Правила написання модульної контрольної роботи

1. Модульна контрольна робота пишеться на 7-му практичному занятті.
2. У випадку дистанційного навчання студентів університету викладач надсилає білету через електронну пошту, Телеграм або через Google Classroom.
3. Модульна контрольна зараховується, якщо відповіді надіслані не пізніше 4-х годин після закінчення практичного заняття.

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: виконання та захист лабораторних робіт; написання модульної контрольної роботи; виконання розрахункової роботи, відповіді на практичних заняттях.

### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

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

- виконання та захист 7 лабораторних робіт;
- відповідей на практичних заняттях;
- виконання модульної контрольної роботи;
- виконання розрахункової роботи.

### **Критерії нарахування балів:**

#### **1. Виконання лабораторних робіт**

Ваговий бал – **3 бали**. Всього балів 7 лаб x 3 бали = 21 балів. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск (0,5 бала), виконання роботи (1,5 бала), якість оформленого протоколу та захист роботи (1 бала). Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

##### **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 – 0,25 балів;

##### **Виконання лабораторної роботи**

- безпомилкове виконання завдання ЛР в повному обсязі з наявністю елементів творчого підходу при безумовному додержанні правил і норм техніки безпеки – 1,5 бала;
- виконання завдання ЛР в повному обсязі при додержанні правил і норм техніки безпеки – 1,0 бал;
- виконання завдань ЛР в повному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок або щодо додержання вимог техніки безпеки – 0,5 бала;
- 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;

##### **Захист лабораторної роботи та якість оформленого протоколу**

- наявність впевнених знань і набутих вмій з завдань виконаної ЛР; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів – 1,0 бал (не менше 90 % потрібної інформації);
- наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної ЛР – 0,5 бала (не менше 60 % потрібної інформації);
- значні зауваження щодо повноти і оформлення протоколу; неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

#### **2. Модульна контрольна робота**

Ваговий бал – 12 балів. Кількість балів за МКР розраховується як сума балів за кожне питання. Оцінювання 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 (не менше 90% потрібної інформації) – 12-10 балів;
- загалом вірна відповідь, наявність 1-2 помилок при відповіді на завдання (не менше 75% потрібної інформації) – 9-7 балів;
- наявність суттєвих помилок при відповіді на завдання (не менше 60% потрібної інформації) – 6-4 бали;

- наявність принципових помилок при відповіді на завдання (не менше 40% потрібної інформації) – 3-1;
- наявність принципових помилок при відповіді на завдання (менше 40% потрібної інформації, неохайне оформлення роботи) – 0 балів.

### **3. Розрахунково-графічна робота (РГР)**

Ваговий бал – **15 балів**. Кількість балів за РГР розраховується як сума балів за кожне питання. Оцінювання проводиться за наступною шкалою:

- бездоганна відповідь на завдання при наявності елементів продуктивного (творчого) підходу; демонстрація вміння впевненого застосування отриманих знань – 15-12 балів;
- вирішення розрахункової вправи з незначними, непринциповими помилками (в т.ч. математичного характеру); наявність 1-2 помилок при відповіді на завдання – 11-8 балів;
- вирішення завдань РГР з двома-трьома досить суттєвими помилками; (не менше 60% потрібної інформації) – 7-4 бали;
- виконання завдань РГР менше, ніж на 40% потрібної інформації) – 3-0 бал;

### **4. Опитування на практичних заняттях**

Ваговий бал – 3бали. Максимальна кількість за 4 опитування по 3 бали дорівнює 12 балів.

Оцінювання проводиться за наступною шкалою:

- повна відповідь на завдання – 3 бали;
- відповідь з незначними, непринциповими помилками (в т.ч. математичного характеру або формулювання вірної відповіді після невеликої навідної допомоги викладача) – 2 бали;
- наявність суттєвих помилок при відповіді на контрольне запитання як наслідок слабких знань; високий процент плагіату – 1 бали;
- невірна відповідь; повне копіювання чужих відповідей або конспекту лекцій – 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог програми. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є рейтинг студента 50 % від максимально можливого на час календарного контролю.

**На першому** календарному контролі (8-ий тиждень) студент отримує «атестований», якщо його максимально можливий поточний рейтинг складає 25 балів. Для отримання «атестований» студент повинен мати не менше ніж 18 балів.

**На другому** календарному контролі (14-ий тиждень) студент отримує «атестований», якщо його максимальний поточний рейтинг складає 56 балів. Для отримання «атестований» студент повинен мати не менше ніж 36 балів.

Для отримання допуску до екзамена студент повинен мати не менше ніж 36 балів.

Семестровий контроль: усний екзамен.

На екзамені студенти мають відповісти на питання екзаменаційного білета. Кожен білет містить два теоретичних питання, які оцінюються у **15 балів** кожне, та одна задача, яка 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 вміння залучати фундаментальні знання з хімії - 14-15 (9-10) балів (не менше 90 % потрібної інформації);
- повна і взагалі вірна відповідь на запитання з 1–5 незначними помилками або зауваженнями - 11-13 (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 - 9-10 (6) балів (не менше 60 % потрібної інформації);
- незадовільна відповідь - 0 балів.

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

$$RC = r_{лр} + r_{пр} + r_{мкр} + r_{рзр} = 21 + 12 + 12 + 15 = 60 \text{ балів.}$$

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, виконання РГР, МКР та відповіді на практичних заняттях; кількість рейтингових балів не менше 36.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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)**

- *Перелік завдань до РГР та для підготовки до екзамену наведені у Google Classroom «**Основи процесів осадження і розчинення металів**» (платформа Sikorsky-distance).*
- *Перелік матеріалів, якими не дозволено користуватись під час екзамену – під час екзамену студенту заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та літературу. За порушення вимог студенти усуваються від екзамену.*

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцентом кафедри технології електрохімічних виробництв, к.т.н., доцентом Мотронюк Тетяною Іванівною.

**Ухвалено** кафедрою технології електрохімічних виробництв (протокол № 14 від 24 червня 2022р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 23 червня 2022 року)