

ВИРОБНИЦТВО ХІМІЧНИХ ПРОДУКТІВ ЕЛЕКТРОЛІЗОМ

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекції 1 година на тиждень (0,5 пари); лабораторні заняття 3 години на тиждень (1,5 пари)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Косогін Олексій Володимирович, kosohin.oleksii@lil.kpi.ua, Telegram @Kosohin Лабораторні: к.т.н., доцент Косогін Олексій Володимирович, kosohin.oleksii@lil.kpi.ua, Telegram @Kosohin;</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача</i>

Програма освітньої компоненти

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

Освітня компонента «Виробництво хімічних продуктів електролізом» є вибірковою з Ф-каталогу, і знайомить студентів з одним із напрямків практичного використання електрохімії, пов’язаним із отриманням неорганічних речовин різного призначення, який набув широкого використання в сучасній промисловості та дозволяє забезпечити стабільний розвиток промисловості. Студенти отримують знання, необхідні для роботи в галузі водневої енергетики, синтезі основних неорганічних речовин, що визначають розвиток хімічної промисловості взагалі; синтезі дезінфектантів широкого спектру дії.

Метою освітньої компоненти є формування у студентів здатностей:

- здатність використовувати інформаційні та комутаційні технології (ЗК8);
- здатність до використання сучасних інформаційних ресурсів для дослідження електрохімічних властивостей неорганічних і органічних речовин (ФК1);

- здатність проводити простий хімічний учебово-дослідний експеримент, володіти основними прийомами роботи в хімічній лабораторії (ФК3);
- здатність розробляти проекти розрахунку гранично допустимих скидів та викидів при електрохімічному виробництві неорганічних і органічних речовин (ФК10);
- здатність контролювати дотримання підлеглими вимог техніки безпеки, охорони праці та промислової санітарії (ФК12);
- здатність застосовувати сучасні методи та засоби контролю стану атмосферного повітря, природних вод та ґрунтів при електрохімічному виробництві неорганічних і органічних речовин (ФК16);
- здатність виконувати технічні креслення технологічного обладнання та оформлення технічної документації в технологіях неорганічних речовин та водоочищення (ФК21);
- здатність застосовувати в роботі принципи структурної організації та типові функції і механізми роботи технологічних об'єктів хімічних виробництв, механізми і принципи хімічних перетворень речовин та енергії в них (ФК23);
- здатність використовувати знання, уміння і навички в галузі природничо-наукових та професійно-профільованих дисциплін для роботи з автоматизованими системами управління (ФК25);
- здатність використовувати методи фундаментальних і прикладних дисциплін у дослідницькій діяльності (ФК26).

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

знання :

- відомих технологій отримання хімічної продукції (ЗН15);
- типового обладнання з автоматизації хімічних виробництв (ЗН31);
- сучасних тенденцій прогресу в технологіях неорганічних речовин для хімічної галузі та біоінженерії, в тому числі, у фармацевтичній промисловості; традиційних та спеціальних методів одержання наноматеріалів та сучасних нанотехнологій (ЗН32);
- конструкційних та електродних матеріалів та основних конструкцій електролізерів;
- способів інтенсифікації електрохімічних виробництв та основних тенденцій і напрямків подальшого розвитку виробництва хімічних продуктів електролізом.

уміння:

- розраховувати кількість продуктів реакції, вихід продуктів для розробки технологічних процесів та забезпечення їх відповідності діючим нормативним документам (УМ41);
- використовувати дані про хімічні властивості речовин, основи термодинаміки й кінетики з метою експериментального визначення основних критеріїв досконалості хіміко-технологічних процесів (ступінь перетворення сировини, вихід продукту, селективність процесу, тощо) (УМ42);
- використовувати результати проведених різноманітних випробувань та вивчення мікро- і макроструктури матеріалів, за допомогою нормативно-технічної документації та довідкової літератури в умовах відділу технічного контролю або спеціалізованого підрозділу якості з метою дати комплексну оцінку матеріалів та оформити результати контролю згідно вимогам сертифікації та стандартизації матеріалів та виробів для контролю якості виробів або для експертизи технологій (УМ43).

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

Для успішного засвоєння освітньої компоненти студента необхідні знання та уміння, що були отримані під час вивчення освітніх компонент «Загальна та неорганічна хімія», «Техніка хімічного експерименту», «Теоретична електрохімія», «Процеси і апарати хімічних технологій», «Загальна хімічна технологія».

Освітня компонента «Виробництво хімічних продуктів електролізом» є одною з заключних в циклі професійної підготовки, та підсилює компетентності, набуті в процесі вивчення нормативних освітніх компонент циклу професійної підготовки. Освітні компоненти, які базуються на результатах навчання: компоненти з циклу професійної підготовки, в рамках яких необхідний вибір та розрахунок обладнання для електрохімічних виробництв «Основи проектування хімічних виробництв», «Технологія, обладнання і проектування електрохімічних виробництв», «Переддипломна практика», «Дипломне проектування».

3. Зміст освітньої компоненти

РОЗДІЛ 1. Предмет і задачі.

Тема 1.1. Розвиток електрохімічної технології отримання неорганічних речовин електролізом.

Сучасний стан і перспективи розвитку електрохімічних виробництв у хімічній промисловості. Основні напрямки розвитку техніки електролізу в хімічній промисловості. Шляхи підвищення економічності електрохімічних виробництв.

РОЗДІЛ 2. Основні засади технологічних процесів у електрохімічних виробництвах.

Тема 2.1. Основні елементи і поняття електрохімічних виробництв.

Основні елементи і поняття електрохімічного виробництва продуктів в хімічній промисловості. Електроди. Діафрагми. Електроліти.

Тема 2.2. Енергетика електрохімічних виробництв. Організація промислового електролізу.

Баланс напруги: теоретична напруга розкладання розчинів і розрахунок її з електродних рівноважних потенціалів і з термодинамічних даних, перенапруга виділення продуктів на електродах, падіння напруги в електролітах, діафрагмах, провідниках першого роду. Витрати електроенергії і шляхи їх зниження. Економічна густина струму.

Промисловий електроліз: схеми підключення електролізерів, конструкції електролізерів, компонування цеху електролізу, джерело постійного струму, основи електробезпеки.

РОЗДІЛ 3. Виробництво водню і кисню електролізом води

Тема 3.1. Теоретичні основи процесу.

Водень і кисень як хімічна сировина, методи їх отримання. Теоретичні основи електролізу води. Основні процеси та закономірності при одержанні водню і кисню електролізом. Побічні процеси при електролізі води. Вихід за струмом. Робоча напруга при електролізі води: теоретична напруга розкладу води, перенапруга водню і кисню, падіння напруги в електроліті і діафрагмі. Газонаповнення електроліту. Конструкції і матеріали електродів. Енергетичний і тепловий баланси ванн. Електроліз води під тиском.

Тема 3.2. Апаратурне оформлення процесу

Апаратурне оформлення виробництва води і кисню електролізом води. Електролізери для розкладання води: моно- і біполярні конструкції. Регулювання тиску газів і рівню електроліту в електролізерах. Технологічна схема виробництва.

Тема 3.3. Шляхи підвищення економічності

Шляхи підвищення економічності виробництва водню електролізом. Виробництво важкої води. Високотемпературний електроліз із твердим електролітом. Електроліз із полімерними мембраниами. Застосування термохімічних циклів.

РОЗДІЛ 4. Електрохімічне виробництво хлору, лугу та водню

Тема 4.1. Динаміка розвитку, сировина, перспективи. Теоретичні основи процесу
Промислові методи виробництва хлору і лугів, галузі їх використання. Динаміка і перспективи розвитку хлорних виробництв. Сировина.

Теоретичні основи електролізу розчинів хлориду натрію. Діаграма Пурбе для хлору. Основні і побічні процеси. Кінетика анодного виділення хлору і проблема анодного матеріалу. Виробництво ОРТА і графітових анодів.

Тема 4.2. Діафрагмовий метод виробництва

Електроліз з фільтруючою діафрагмою: принцип роботи, вплив швидкості руху електроліту на вихід за струмом, розрахунок складу католіту. Діафрагми. Азбополімерні діафрагми. Вибір умов електролізу. Баланс напруги. Тепловий і енергетичні баланси. Моно- і біполярні конструкції електролізерів з осадженою діафрагмою. Особливості експлуатації електролізерів з фільтруючою діафрагмою і анодами ОРТА. Шляхи інтенсифікації електролізерів з осадженою діафрагмою .

Тема 4.3. Мембраний метод виробництва

Електроліз з катіонообмінною мембраною. Властивості іонообмінних мембран і їх технічні характеристики. Модифікація мембран. Вплив умов електролізу, складу електроліту і католіту на вихід за струмом лугу. Вибір оптимальних умов електролізу з іонообмінними мембранами. Моно- і біполярні конструкції електролізерів з іонообмінними мембранами. Перспективні галузі використання іонообмінних мембран в електрохімічних процесах. Шляхи вдосконалення мембраних технологій в електрохімічних виробництвах.

Тема 4.4. Ртутний метод виробництва

Електроліз ртутним методом. Основні і побічні процеси на ртутному катоді. Вплив домішок на кінетику виділення водню. Кінетика відновлення активних форм хлору. Катодний вихід за струмом натрію. Напруга електролізу, витрати електроенергії. Розкладання амальгам натрію в короткозамкненому елементі. Конструкція і принцип дії електролізерів і розкладників. Поведінка ртуті в умовах отримання лугів і хлору. Витрати ртуті і шляхи їх зниження.

Тема 4.5. Технологічні схеми. Порівняння техніко-економічних показників, шляхи вдосконалення. Виробництво хлору електролізом абгазної хлоридної кислоти

Технологічні схеми виробництва діафрагмовим, мембраним і ртутним методами. Вимоги до розсолу. Апаратурне оформлення стадій очистки розсолу, обробки лугу, хлору, стічних вод. Конструкційні матеріали.

Порівняння техніко-економічних показників діафрагмового, мембраниого і ртутного методів виробництва, шляхи їх підвищення. Перспективи розвитку хлорної промисловості.

Електроліз хлоридної кислоти з отриманням хлору і водню. Проблема абгазної хлоридної кислоти. Теоретичні основи електролізу. Шляхи зниження витрат електроенергії. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва.

РОЗДІЛ 5. Виробництво оксигенвмісних сполук хлору

Тема 5.1. Виробництво гіпохлориту натрію

Отримання гіпохлориту натрію. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу. Технологічна схема виробництва.

Тема 5.2. Виробництво хлоратів

Виробництво хлоратів натрію та калію. Їх застосування. Електродні процеси. Оптимальні умови електролізу. Електролізери. Технологічна схема.

Тема 5.3. Виробництво перхлорату натрію. Виробництво перхлоратної кислоти.

Виробництво хлорної кислоти і перхлоратів. Основні і побічні процеси. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва перхлоратів. Техніка безпеки в виробництвах оксигенвмісних сполук хлору.

РОЗДІЛ 6. Виробництво пероксосполук

Тема 6.1. Виробництво пероксадисульфатної кислоти і отримання гідрогену пероксиду.

Основні і побічні процеси при електролізі сульфатної кислоти. Гідроліз пероксадисульфатної кислоти. Отримання гідрогену пероксиду. Конструкції електролізерів. Технологічна схема отримання гідрогену пероксиду.

РОЗДІЛ 7. Виробництво сполук мангану

Тема 7.1. Виробництво перманганату калію

Виробництво перманганату калію електрохімічним та комбінованим методами. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу. Технологічні схеми.

Тема 7.2. Виробництво манган (IV) оксиду

Електросинтез манган (IV) оксиду. Основні і побічні процеси. Раціональні умови отримання. Технологічна схема.

РОЗДІЛ 8. Електрохімічний синтез органічних речовин

Тема 8.1. Електрохімічний синтез органічних речовин

Теоретичні основи процесів. Електрохімічний синтез органічних речовин. Оптимальні умови ведення процесу. Конструкції електролізерів. Шляхи інтенсифікації електрохімічного синтезу органічних речовин.

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. Горбачов А.К. *Технічна електрохімія. Ч.1. Електрохімічні виробництва хімічних продуктів.* – Харків : Видавництво "Пропор", 2002. - 254с.
2. Панасенко В.Ф., Яцюк Л.А., Лінючєва О.В., Погребова І.С., Косогін О.В. *Виробництво хімічних продуктів електролізом: основне обладнання та приклади розрахунків: навч. посіб.* – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 156 с.
3. Виробництво хімічних продуктів електролізом. *Лабораторний практикум [Електронний ресурс]* : навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Косогін. - Електронні текстові дані (1 файл: 1.45 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 108 с. - Назва з екрана.
4. Виробництво хімічних продуктів електролізом. *Практикум [Електронний ресурс]* : навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Косогін. - Електронні текстові дані (1 файл: 1.44 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 86 с. - Назва з екрана.
5. Виробництво хімічних продуктів електролізом. *Навчальний посібник для виконання розрахунково-графічних робіт [Електронний ресурс]* : навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Косогін. - Електронні текстові дані (1 файл: 1.46 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 99 с. - Назва з екрана.

Додаткова

6. Thomas F. Fuller & John N. Harb. *Electrochemical engineering* / Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018. – 436 p.
7. Hydrogen Production by Electrolysis / Edited by Agata Godula-Jopek. - Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. 2015 – 425 p.

8. Thomas F. O'Brien, Tilak V. Bommaraju, Fumio Hine. *Handbook of Chlor-Alkali Technology Volume I: Fundamentals* / Springer New York, NY, 2005. – 1580 p.
9. *Modern Chlor-Alkali Technology. Vol. 8* / Edited by John Moorhouse. *Proceedings of the 2000 London*. – 436 p.
10. Czarnetzki, L. R. (1989). *Aspects of electrochemical production of hypochlorite and chlorate* / Technische Universiteit Eindhoven. DOI: 10.6100/IR316966.
11. Saiful Arifin Shafiee, Jolyon Aarons, and Hairul Hisham Hamzah Review - Electroreduction of Peroxodisulfate: A Review of a Complicated Reaction // *Journal of The Electrochemical Society*, 165 (13) H785-H798 (2018).

Інформаційні ресурси

12. 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 vgtxgzi.

Навчальний контент

5. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Проведення лекцій з дисципліни проводиться паралельно з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. У випадку впровадження дистанційної форми навчання при проведенні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance [9]. Післяожної 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	<p><u>Предмет і задачі дисципліни. Основні елементи і поняття промислового електролізу.</u></p> <p>РОЗДІЛ 1. Предмет і задачі.</p> <p>Тема 1.1. Розвиток електрохімічної технології отримання неорганічних речовин електролізом.</p> <p>Мета і задачі дисципліни, її зв'язок з іншими дисциплінами освітньої програми “Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів”. Сучасний стан і перспективи розвитку електрохімічних виробництв у хімічній промисловості. Основні напрямки розвитку техніки електролізу в хімічній промисловості.</p> <p>РОЗДІЛ 2. Основні засади технологічних процесів у електрохімічних виробництвах.</p> <p>Тема 2.1. Основні елементи і поняття електрохімічних виробництв.</p> <p>Основні елементи і поняття електрохімічних виробництв продуктів в хімічній промисловості. Електроди. Діафрагми. Електроліти.</p>
2	<p><u>Виробництво водню і кисню електролізом води.</u></p> <p>РОЗДІЛ 3. Виробництво водню і кисню електролізом води</p> <p>Тема 3.1. Теоретичні основи процесу.</p> <p>Електроліз води. Водень і кисень як хімічна сировина, методи їх отримання. Теоретичні основи електролізу води. Основні процеси та закономірності при одержанні водню і кисню електролізом. Побічні процеси при електролізі води. Вихід за струмом. Напруга на ванні при електролізі води: теоретична напруга</p>

	<p><i>розкладу води, перенапруга водню і кисню, падіння напруги в електроліті і діафрагмі. Газонаповнення електроліту. Енергетичний і тепловий баланси ванн. Електроліз води під тиском.</i></p>
3	<p><u><i>Апаратурне оформлення процесу електролізу води. Шляхи підвищення економічності процесу електролізу води.</i></u></p> <p>РОЗДІЛ 3. Виробництво водню і кисню електролізом води</p> <p>Тема 3.2. Апаратурне оформлення процесу <i>Конструкція електролізерів для електролізу води: моно- і біполлярні конструкції. Подача води до ванн. Регулювання тиску газів і рівню електроліту в ванні.</i></p> <p>Тема 3.3. Шляхи підвищення економічності <i>Високотемпературний електроліз із твердим електролітом, електроліз із іонообмінними мембраниами.</i></p> <p>Тематична контрольна робота 1 (за розділами 1-3)</p>
4	<p><u><i>Електрохімічне виробництво хлору, лугу та водню. Діафрагмовий метод виробництва. Мембраний метод виробництва.</i></u></p> <p>РОЗДІЛ 4. Електрохімічне виробництво хлору, лугу та водню</p> <p>Тема 4.1. Динаміка розвитку, сировина, перспективи. Теоретичні основи процесу <i>Промислові методи виробництва хлору і лугів, галузі їх використання. Динаміка і перспективи розвитку хлорних виробництв. Сировина. Теоретичні основи електролізу розчинів хлориду натрію. Діаграма Пурбе для хлору. Основні і побічні процеси.</i></p> <p>Кінетика анодного виділення хлору і проблема анодного матеріалу.</p> <p>Тема 4.2. Діафрагмовий метод виробництва <i>Електроліз з твердим анодом і фільтруючою діафрагмою: принцип роботи, вплив швидкості руху електроліту на вихід за струмом, розрахунок складу католіту. Вибір умов електролізу. Баланс напруги. Тепловий і енергетичні баланси. Моно- і біполлярні конструкції електролізерів з осадженою діафрагмою. Особливості експлуатації електролізерів з фільтруючою діафрагмою і анодами ОРТА.</i></p> <p>Тема 4.3. Мембраний метод виробництва <i>Властивості іонообмінних мембран і їх технічні характеристики. Модифікація мембран. Вплив умов електролізу, складу електроліту і католіту на вихід за струмом лугу. Вибір оптимальних умов електролізу з іонообмінними мембраниами. Моно- і біполлярні конструкції електролізерів з іонообмінними мембраниами. Шляхи вдосконалення мембраних технологій в електрохімічних виробництвах.</i></p>
5	<p><u><i>Ртутний метод виробництва. Порівняння техніко-економічних показників методів виробництва. Виробництво хлору електролізом абгазної хлоридної кислоти.</i></u></p> <p>РОЗДІЛ 4. Електрохімічне виробництво хлору, лугу та водню</p> <p>Тема 4.4. Ртутний метод виробництва <i>Основні і побічні процеси на ртутному катоді. Вплив домішок на кінетику виділення водню. Кінетика відновлення активних форм хлору. Катодний вихід за струмом натрію. Напруга електролізу, витрати електроенергії. Розкладання амальгам натрію в короткозамкненому елементі. Конструкція і принцип дії електролізерів і розкладників.</i></p> <p>Тема 4.5. Технологічні схеми. Порівняння техніко-економічних показників, шляхи вдосконалення. Виробництво хлору електролізом абгазної хлоридної кислоти <i>Технологічні схеми і апаратурне оформлення виробництва лугу і хлору. Вимоги до розсолу. Апаратурне оформлення стадій очищення розсолу, обробки лугу, хлору, стічних вод.</i></p>

	<p><i>Порівняння техніко-економічних показників діафрагмового, мембранного і ртутного методів виробництва, шляхи їх удосконалення.</i></p> <p><i>Теоретичні основи електролізу абгазної хлоридної кислоти. Шляхи зниження витрат електроенергії. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва.</i></p>
	<i>Тематична контрольна робота 2 (за розділом 4)</i>
6	<p><u>Електрохімічний синтез оксигенвмісних сполук хлору.</u></p> <p>РОЗДІЛ 5. Виробництво оксигенвмісних сполук хлору</p> <p><i>Тема 5.1. Виробництво гіпохлориту натрію</i> <i>Отримання гіпохлориту натрію. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу.</i></p> <p><i>Тема 5.2. Виробництво хлоратів</i> <i>Виробництво хлоратів. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу. Технологічна схема виробництва.</i></p> <p><i>Тема 5.3. Виробництво перхлорату натрію. Виробництво перхлоратної кислоти.</i> <i>Виробництво перхлоратної кислоти і перхлоратів. Основні і побічні процеси. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва перхлоратів.</i></p>
7	<p><u>Виробництво пероксосполук.</u></p> <p>РОЗДІЛ 6. Виробництво пероксосполук</p> <p><i>Тема 6.1. Виробництво пероксадисульфатної кислоти і отримання гідрогену пероксиду.</i> <i>Виробництво пероксадисульфатної кислоти і отримання гідрогену пероксиду. Основні і побічні процеси при електролізі сульфатної кислоти. Гідроліз пероксадисульфатної кислоти. Отримання гідрогену пероксиду. Конструкції електролізерів. Технологічна схема отримання гідрогену пероксиду.</i></p>
8	<p><u>Виробництво сполук мангану.</u></p> <p>РОЗДІЛ 7. Виробництво сполук мангану</p> <p><i>Тема 7.1. Виробництво перманганату калію</i> <i>Виробництво перманганату калію. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу.</i></p> <p><i>Тема 7.2. Виробництво манган (IV) оксиду</i> <i>Електросинтез манган (IV) оксиду. Основні і побічні процеси. Раціональні умови отримання.</i></p> <p><i>Тематична контрольна робота 3 (за розділами 5-7)</i></p>
9	<p><u>Основні принципи електрохімічного синтезу органічних речовин.</u></p> <p>РОЗДІЛ 8. Електрохімічний синтез органічних речовин</p> <p><i>Тема 8.1. Електрохімічний синтез органічних речовин</i> <i>Електрохімічний синтез органічних речовин. Оптимальні умови ведення процесу. Конструкції електролізерів.</i></p> <p><i>Оголошення рейтингу</i> <i>Залікова контрольна робота (за необхідності)</i></p>

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.

№ з/п	Назва лабораторної роботи, мета виконання	Кількість ауд. годин
1	Електроліз води	6

	<p>Необхідно ознайомитись з технологічними питаннями процесу електролізу води; провести випробування лабораторного електролізера з метою отримання даних для складання балансів (матеріального, напруги, енергії); визначити виходи за струмом і витратні коефіцієнти.</p> <p>(РОЗДІЛ 3. Виробництво водню і кисню електролізом води)</p>	
2	<p>Електрохімічне отримання хлору, лугу та водню</p> <p>Необхідно ознайомитись з електрохімічним способом отримання хлору, лугу та водню електролізом розчину натрій хлориду, з методами контролю технологічного процесу, технологічними розрахунками та дослідити вплив умов електролізу на показники процесу.</p> <p>(РОЗДІЛ 4. Електрохімічне виробництво хлору, лугу та водню)</p>	6
3	<p>Електрохімічне отримання гіпохлоритів та хлоратів</p> <p>Необхідно отримати хлорати лужних металів ($KClO_3$ чи $NaClO_3$) електролізом розчинів їх хлоридів в електролізерах із твердими електродами; визначити вихід за струмом і концентрацію в електроліті гіпохлоритів і хлоратів лужних металів; дослідити вплив умов електролізу на технологічні параметри.</p> <p>(РОЗДІЛ 5. Виробництво оксигенвмісних сполук хлору)</p>	6
4	<p>Електрохімічне отримання плюмбум (IV) оксиду</p> <p>Необхідно ознайомитись з технологічними питаннями процесу отримання плюмбум (IV) оксиду; провести випробування лабораторного електролізера з метою визначення виходу за струмом і витратних коефіцієнтів.</p> <p>(РОЗДІЛ 2. Основні засади технологічних процесів у електрохімічних виробництвах)</p>	6
5	<p>Електрохімічне отримання калій пероксадисульфату</p> <p>Необхідно отримати калій пероксадисульфат на лабораторній установці; набути навички з контролю технологічного процесу; визначити продуктивність лабораторного електролізера, вихід за струмом та питомі витрати електроенергії та встановити їх зв'язок із вихідними умовами електролізу.</p> <p>(РОЗДІЛ 6. Виробництво пероксосполук)</p>	6
6	<p>Електрохімічне отримання манган (IV) оксиду ЕДМ-1</p> <p>Необхідно ознайомитись з електрохімічним способом отримання манган (IV) оксиду модифікації ЕДМ-1; дослідити вплив умов електролізу на вихід за струмом MnO_2 та питомі витрати електроенергії.</p> <p>(РОЗДІЛ 7. Виробництво сполук мангану)</p>	6
7	<p>Електрохімічне отримання манган (IV) оксиду ЕДМ-2</p> <p>Необхідно ознайомитись з електрохімічним способом отримання манган (IV) оксиду модифікації ЕДМ-2; дослідити вплив умов електролізу на вихід за струмом MnO_2 та питомі витрати електроенергії.</p> <p>(РОЗДІЛ 7. Виробництво сполук мангану)</p>	6
8	<p>Електрохімічне отримання перманганатів</p> <p>Необхідно ознайомитись з технологічними питаннями процесу електрохімічного отримання калій перманганату,</p>	6

	вивчити вплив умов електролізу на вихід за струмом, речовиною та питомі витрати електроенергії при його отриманні. (РОЗДІЛ 7. Виробництво сполук мангану)	
9	Електрохімічне отримання купрум (I) оксиду Необхідно ознайомитись з електрохімічним способом отримання купрум (I) оксиду; дослідити вплив умов електролізу на вихід за струмом купрум (I) оксиду, якість продукту та питомі витрати електроенергії. (РОЗДІЛ 2. Основні засади технологічних процесів у електрохімічних виробництвах)	6

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (CPC) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до тематичних контрольних робіт (складові модульної контрольної роботи - МКР); виконання розрахунково-графічної роботи; підготовка до залікової контрольної роботи (у випадку необхідності її виконання). Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

<i>Вид CPC</i>	<i>Кількість годин на підготовку</i>
<i>Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу; проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт</i>	<i>3 – 4 години на тиждень</i>
<i>Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР)</i>	<i>10</i>
<i>Підготовка до МКР (повторення матеріалу)</i>	<i>6 годин</i>

Завдання на розрахунково-графічну роботу видається через два місяці після початку семестру, на виконання завдань студентам виділяється 6 тижнів.

Політика та контроль

7. Політика освітньої компоненти

У звичайному режимі роботи університету лекційні 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 та лабораторних занять є обов'язковим.

Після завершення семестру і початку екзаменаційної сесії приймання робіт не проводиться.

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 оформлені 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 (за 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 усіє бригадою студентів;
2. У випадку порушення термінів подачі розрахунково-графічної роботи кількість балів за неї зменшується на 5 балів.

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

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

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

Поточний контроль: виконання та захист лабораторних робіт, написання з тематичних контрольних робіт (1 модульна контрольна робота з огляду на великий обсяг матеріалу розділена на три тематичні).

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

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

- виконання та захист 8 лабораторних робіт - в звичайному та змішаному режимах роботи Університету, або 5 лабораторних робіт - в дистанційному режимі роботи Університету;
- виконання розрахунково-графічної роботи;
- виконання модульної контрольної роботи, яка складається з трьох тематичних контрольних робіт.

Критерії нарахування балів:

1. Лабораторні роботи

1.1. 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 і власне виконання (3 бали), та якість оформленого протоколу 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 додержанні правил і норм техніки безпеки - 3 бали;

- виконання завдань ЛР в повному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок або щодо додержання вимог техніки безпеки - 2 бали;
- невиконання завдань ЛР в повному обсязі за відведений час при наявності зауважень з боку викладача щодо вірності виконання роботи або додержання вимог техніки безпеки - 0 балів.

Якість протоколу та захисту лабораторної роботи

- наявність впевнених знань і набутих вмінь з завдань виконаної 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 бали (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.

1.2. в дистанційному режимі роботи Університету

Ваговий бал – 8 балів. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск (1,0 бал), участь у виконанні роботи та виконання необхідних розрахунків (2,0 бали), якість оформленого протоколу (1,0 бал), та захист роботи (4 бали).

Допуск до роботи

- при перевірці готовності до ЛР надаються вірні і вичерпні відповіді; підготовлено в повному обсязі схему протоколу лабораторної роботи - 1,0 бал;
- при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей; є зауваження щодо підготовки протоколу – 0,5 бала;

Участь у виконанні лабораторної роботи та виконання необхідних розрахунків

- здатність пояснити усі необхідні операції; вчасне надання необхідних розрахунків; усі розрахунки виконані правильно в повному обсязі - 2 бали;
- утруднення при формулюванні вірних відповідей щодо ходу роботи та допоміжних операцій; усі розрахунки подано вчасно, але є зауваження щодо правильності виконання - 1,5 бали;
- студент надає відповідь тільки після отримання підказки з боку інших студентів або викладача; розрахунки подано вчасно, але є зауваження щодо правильності та повноти виконання; або розрахунки подані в повному обсязі, але із порушенням термінів надання - 1 бал;
- неспроможність надати пояснення щодо ходу роботи; розрахунки подані невчасно та наявні зауваження щодо їх повноти та правильності виконання - 0 балів;

Якість оформленого протоколу

- бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів - 1 бал;
- зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу - 0,5 бали;
- суттєві зауваження щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні протоколу ЛР - 0 балів;

Захист лабораторної роботи

- Захист полягає у виконанні тесту з 8 або 10 завдань, в яких з чотирьох відповідей необхідно обрати одну правильну. Кожна правильна відповідь оцінюється відповідно в 0,5 або 0,4 бала

2. Тематична контрольна робота (ТКР)

Ваговий бал – 8 балів. Кожне завдання на ТКР складається з двох питань теоретичного характеру. Кількість балів за ТКР розраховується як сума балів за кожне питання завдання, яке має **ваговий бал 4**. 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 – 4,0 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- загалом вірна відповідь, наявність 1-2 помилок при відповіді на контрольне завдання – 3,0 бали (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність суттєвих помилок при відповіді на контрольне завдання – 2,0 бали (не менше 60 % потрібної інформації);
- наявність принципових помилок при відповіді на контрольне завдання - 0 балів.

3. Розрахунково-графічна робота (РГР)

Ваговий бал – 36 балів. Загальна оцінка з РГР складається з балів за виконання окремих теоретичних, розрахункових та графічних питань роботи.

Оцінювання пункту «Характеристика основних продуктів виробництва та галузі їх використання». Ваговий бал – 4,0 бали.

- 3,5-4,0 бала (не менше 90 % потрібної інформації) - питання глибоко пророблено, аналіз стану здійснено за новітніми вітчизняними і зарубіжними джерелами інформації;
- 3,0 бала (не менше 75 % потрібної інформації) - неповна, але вірна, логічно побудована відповідь; аналіз здійснено в основному за навчальною літературою та застарілими джерелами (більше 10 років);
- 2,5 бала (не менше 60 % потрібної інформації) - неповна відповідь або відповідь з велими принциповими помилками; відповідь являє собою конспективне перенесення літературних відомостей без додержання логічної побудови;
- 0 балів - наявність принципових помилок у відповіді.

Оцінювання пункту «Сучасний стан технології виробництва продуктів електролізу». Ваговий бал – 8,0 балів.

- 7,0-8,0 балів (не менше 90 % потрібної інформації) - питання глибоко пророблено, аналіз стану здійснено за новітніми вітчизняними і зарубіжними джерелами інформації;
- 6,0 балів (не менше 75 % потрібної інформації) - неповна, але вірна, логічно побудована відповідь; аналіз здійснено в основному за навчальною літературою та застарілими джерелами (більше 10 років);
- 5,0 балів (не менше 60 % потрібної інформації) - неповна відповідь або відповідь з велими принциповими помилками; відповідь являє собою конспективне перенесення літературних відомостей без додержання логічної побудови;
- 0 балів - наявність принципових помилок у відповіді.

Оцінювання пункту «Обґрунтований вибір і описання конструкції електролізера». Ваговий бал – 6,0 балів.

- 5,5-6,0 балів - вірно обґрунтований вибір конструкції електролізера, надано детальний опис конструкції; виконаний з використанням засобів комп’ютерної графіки з дотриманням вимог ДСТУ;
- 4,5 бали - запропоновано застарілу конструкцію електролізера; помилки в описі конструкції; виконання на високому технічному рівні з дотриманням вимог ДСТУ;
- 3,5 бали - відсутній опис електролізера; є незначні відхилення від вимог ДСТУ; виконання на задовільному технічному рівні;
- 0 балів - графічний матеріал є ксерокопією або відсканованим зображенням з літератури з незадовільним рівнем виконання.

Оцінювання пункту «Обґрунтований вибір і описання технологічної схеми».

Ваговий бал – 5,0 балів.

- 4,5-5,0 бали - надано детальний опис технологічної схеми; виконана з використанням засобів комп’ютерної графіки з дотриманням вимог ДСТУ;
- 4,0 бали - запропоновано застарілу технологічну схему; помилки в описі технологічної схеми; виконання на високому технічному рівні з дотриманням вимог ДСТУ;
- 3,0 бали - є незначні відхилення від вимог ДСТУ; виконання на задовільному технічному рівні;
- 0 балів - графічний матеріал є ксерокопією або відсканованим зображенням з літератури з нездовільним рівнем виконання.

Оцінювання пункту «Розрахунок електролізера». Ваговий бал – 10,0 балів.

- 9,0-10,0 балів - безпомилкове виконання розрахункового завдання або розрахунок з незначними погрішностями;
- 7,5 бала - вірний, загалом, розрахунок з деякими математичними чи стехіометричними помилками;
- 6,0 балів - виконання розрахункового завдання зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру;
- 0 балів - вирішення розрахункового завдання з помилками принципового характеру як наслідок слабких знань фундаментальних положень хімії;

Якість оформлення РГР. Ваговий бал – 3,0 бали.

- 3,0 бали - робота виконана українською мовою, матеріал викладений чітко, грамотно, оформлення роботи повністю відповідає вимогам до звітів НДР (ДСТУ 3008:2015); текст виконано з використанням текстового редактора;
- 2,5 бали - зауваження щодо повноти, акуратності, грамотності оформлення; оформлення з незначними відхиленнями від вимог ДСТУ;
- 2,0 бали - наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності, акуратності і охайності; незначне відхилення від вимог ДСТУ;
- 0 балів - оформлення з порушеннями вимог ДСТУ.

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 $0,5 \cdot 24^1 = 12$ балів. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 48^2 = 24$ балів.

Семестровий контроль: залік.

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт, написання трьох ТКР та виконання розрахунково-графічної роботи. Для отримання заліку з дисципліни потрібно мати рейтинг не менше 60 балів. Оголошення сумарного рейтингу проводиться на останньому лекційному занятті.

Студенти, які наприкінці семестру отримали допуск до заліку, але мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують письмову залікову контрольну роботу. Завдання контрольної роботи містить два теоретичних питання, завдання по технологічних схемах або конструкціям електролізерів, та задачу.

У випадку виконання залікової контрольної роботи рейтингова оцінка студента визначається як сума балів за залікову контрольну роботу та балів, отриманих за виконання індивідуального семестрового завдання – розрахунково-графічної роботи.

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

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

У разі отримання оцінки, більшої, ніж "автоматом" з рейтингу, студент отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи з урахуванням балів, отриманих за виконання РГР. У разі отримання оцінки меншої, ніж "автоматом" з рейтингу, попередній рейтинг студента скасовується і він отримує оцінку тільки за результатами залікової контрольної роботи з урахуванням балів, отриманих за виконання РГР.

Кожне питання/задання залікової контрольної роботи оцінюється у 16 балів відповідно до системи оцінювання:

- повна відповідь на запитання з елементами оригінального, творчого підходу до пояснення прийнятих рішень, обґрунтування цих рішень на основі демонстрації змін залучати фундаментальні знання з хімії – **15-16 балів** (не менше 90 % потрібної інформації);
- повна і взагалі вірна відповідь на запитання з 1–5 незначними помилками або зауваженнями - **12-14 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 – **10-11 балів** (не менше 60 % потрібної інформації);
- нездовільна відповідь - **0 балів**.

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 освітньої компоненти

- Вимоги до оформлення та завдання для виконання розрахунково-графічної роботи, перелік запитань до МКР та для підготовки до залікової контрольної роботи наведені у Google Classroom «Виробництво хімічних продуктів електролізом» (платформа Sikorsky-distance).
- Під час контрольних заходів (написання тематичної контрольної роботи чи залікової контрольної роботи) студенту заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та літературу. За порушення вимог результати виконання контрольного заходу анулюються.

Робочу програму освітньої компоненти (силабус):

Складено доцентом кафедри технології електрохімічних виробництв, к.т.н., доцентом Косогіним Олексієм Володимировичем.

Ухвалено кафедрою технології електрохімічних виробництв (протокол № 14 від 16.06.2023р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 9 від 25.05.2023р.)