



Хімічні джерела струму

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології неорганічних електродних матеріалів та водоочищення</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>8 кредитів (240 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен усний</i>
Розклад занять	<i>Лекції 2 години на тиждень (1 пара); практичні заняття 1 година на тиждень (0,5 пари); лабораторні заняття 2 години на тиждень (1 пара)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.х.н., доцент Бик Михайло Володимирович, byk.mykhailo@ill.kpi.ua , Telegram @Byk Mykhaylo Практичні: к.х.н., доцент Бик Михайло Володимирович, byk.mykhailo@ill.kpi.ua , Telegram @Byk Mykhaylo Лабораторні: к.х.н., доцент Бик Михайло Володимирович, byk.mykhailo@ill.kpi.ua , Telegram @Byk Mykhaylo
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Хімічні джерела струму» дисципліни «Технічна електрохімія» є прикладною дисципліною із дисциплін за вибором ВНЗ, що викладаються кафедрою. Хімічні джерела струму - пристрої в яких реалізуються основні теоретичні закономірності, що розглядалися в курсах «Теоретичної електрохімії», «Фізичної хімії» та інших хімічних дисциплінах. В курсі розглядають основні типи існуючих хімічних джерел електричної енергії, принципи їх роботи та деякі технологічні питання їх виробництва.

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- здатність використовувати знання, уміння й навички в галузі природничо-наукових дисциплін для теоретичного освоєння загальнопрофесійних дисциплін і рішення практичних завдань хімічної технології (КСП-10);
- здатність застосовувати основні фізико-хімічні методи аналізу й оцінки стану хіміко-технологічних систем (КЗП-4);
- здатність планувати природоохоронну діяльність на виробництві й реалізувати відповідні заходи (КЗП-11);

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

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

знання:

- основні типи електрохімічних систем, які використовують у ХДС;
- струмоутворюючі процеси на електродах ХДС при їх використанні;
- будову основних типів ХДС;

уміння:

- розраховувати та визначати головні характеристики ХДС;
- проводити обґрунтований вибір, згідно вимог споживача, необхідний тип ХДС.

досвід:

- класифікація ХДС, які відносять до кожного класу, їх характеристики;
- технології виробництва деяких типів ХДС.

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

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

Дисципліна «Хімічні джерела струму» є одною з заключних дисциплін циклу професійної підготовки. Дисципліни, які базуються на результатах навчання: дисципліни циклу професійної підготовки, в рамках яких необхідний вибір та розрахунок обладнання для електрохімічних виробництв «Технологія, обладнання і проектування електрохімічних виробництв».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Первинні хімічні джерела струму

Тема 1.1.ХДС. Загальні поняття, принцип дії, термінологія

Мета та завдання курсу. Визначення ХДС, їх класифікація. Стислі історичні відомості. Сучасний стан, перспективи розвитку ХДС. Створення екологічно чистих джерел електричної енергії.

Тема 1.2. Електричні характеристики ХДС

Принципова побудова ХДС та їх електричні характеристики. Хімічні реакції, які мають місце при розряді ХДС. Електрорушійна сила, напруга розімкнутого кола. Напруга при розряді та заряді. Види поляризації, пасивність електродів, вольт-амперні характеристики. Ємність, вплив на неї різних факторів. Коефіцієнти використання активних мас, струму енергії, потужності. Питомі характеристики ХДС. Видатність по струму, по енергії, по напрузі. Загальні вимоги до ХДС.

Тема 1.3. Первинні ХДС з цинковим анодом

Первинні ХДС (ХДС 1 роду). Класифікація первинних ХДС. Сухі марганець-цинкові (МЦ) елементи та батареї. Механізми струмоутворюючих процесів у слабо кислому та лужному середовищах на позитивному та негативному електродах. Особливості роботи цинкового електрода (аноду) в лужних електролітах. Експлуатаційні характеристики МЦ елементів різних типів. Конструкція та технологія виробництва МЦ елементів та батарей.

Повітряно-цинкові (ПЦ) та повітряно-марганець-цинкові (ПМЦ) елементи. Конструкційні та експлуатаційні особливості. Розрядні характеристики, струмоутворюючі реакції. Области використання. Переваги та недоліки по відношенню з МЦ елементами.

Окисно - ртутні (РЦ) первинні ХДС. Струмоутворюючі реакції. Розрядні характеристики. Конструктивні особливості. Переваги та недоліки по відношенню до других первинних ХДС. Области використання.

Тема 1.4. Первинні ХДС з іншими металами в якості анодів

Первинні ХДС з магнієвими анодами та з літієвими анодами. Особливості роботи магнієвих анодів. Експлуатація, характеристики, конструкції ХДС з магнієвими анодами; переваги та недоліки у порівнянні з ХДС з цинковими анодами.

Особливості фізико-хімічних властивостей літію і роботи літієвих анодів. Катодні активні маси, електроліти. Струмоутворюючі реакції в електролітах на основі апротонних розчинників; розрядні характеристики. Переваги та недоліки, області використання ХДС з літієвими анодами, технологія виробництва.

Резервні ХДС. Засоби активації ХДС. Особливості устрою та експлуатації резервних ХДС різних типів, області їх використання.

Мідно окисні елементи наливного типу довгого періоду дії. Конструктивні особливості. Струмоутворюючі реакції. Експлуатаційні характеристики, області використання. Первинні ХДС з твердим електролітом. Особливості устрою та експлуатації. Области використання.

Розділ 2. Паливні елементи і електрохімічні генератори

Тема 2. 1. Загальні поняття ПЕ, принцип дії, класифікація

Паливні елементи (ПЕ). Можливості прямого перетворення хімічної енергії у електричну. Принципова схема устрою ПЕ. Електрохімічні генератори (ЕХГ). Паливо, окислювач, електроліти.

Тема 2. 2. Електричні характеристики ПЕ, електроди ПЕ

Конструкції електродів, двошарові електроди. Переваги та недоліки ПЕ. Принципова схема, струмоутворюючі процеси, області використання ПЕ кожного класу. Особливості роботи, перспективи розвитку ПЕ.

Розділ 3. Вторинні ХДС (акумулятори)

Тема 3. 1. Загальні поняття, принцип дії, термінологія

Вторинні ХДС (акумулятори). Класифікація вторинних ХДС.

Тема 3. 2. Свинцеві кислотні акумулятори

Свинцеві кислотні акумулятори. Призначення акумуляторів різних типів. Побудова акумуляторів. Технологічна схема виробництва, формування електродів.

Теорія подвійної сульфатації. Розрядно - зарядні характеристики. Залежність ємності від різних факторів. Саморозряд. Строк використання. "Хвороби" свинцевих акумуляторів, їх профілактика.

Догляд за свинцевими акумуляторами. Техніка безпеки при їх виробництві та експлуатації. Подальше удосконалення свинцевих акумуляторів.

Тема 3. 3. Лужні акумулятори

Лужні нікель-залізні та нікель-кадмієві акумулятори. Побудова, технологічна схема виробництва, формування електродів. Механізм струмоутворюючих реакцій на позитивних електродах НЗ та НК акумуляторів.

Побічні процеси, саморозряд, розрядно - зарядні характеристики позитивного електрода, механізм процесів, які мають місце на негативних електродах НЗ та НК акумуляторів. Особливості роботи негативних електродів, окремі розрядно - зарядні криві.

Експлуатаційні характеристики ламельних лужних акумуляторів. Несправності та їх усунення. Догляд за лужними акумуляторами. Техніка безпеки.

Лужні акумулятори з безламельними електродами. Герметичні нікель-кадмієві (НКГ) акумулятори.

Металокерамічні, фольгові, пресовані, (пастовні) електроди. Особливості їх виготовлення, експлуатаційні характеристики. Переваги безламельних електродів. Області використання акумуляторів з безламельними пластинами різних типів. Акумулятори з комбінованими електродами.

Принципи герметизації НК акумуляторів. Малогабаритні НКГ акумулятори. Переваги та недоліки, області використання НКГ акумуляторів.

Срібно-цинкові (СЦ) та срібно-кадмієві (СК) лужні акумулятори. Особливості побудови, типи електродів. Особливості виготовлення електродів, сепарація. Реакції, які мають місце на позитивних електродах СЦ та СК акумуляторів при їх заряді та розряді, пояснення ходу розрядно-зарядних кривих.

Саморозряд СЦ та СК акумуляторів. Сумарні струмоутворюючі реакції в СК та СЦ акумуляторах. Порівняння експлуатаційних характеристик цих ХДС, їх переваги над вторинними ХДС других типів. Недоліки. Області використання СЦ та СК акумуляторів.

Тема 3.4. Сучасні акумулятори

Сучасні акумулятори. Літій-іонні, нікель - метал – гідридні акумулятори.

Принцип роботи літій – іонних акумуляторів. Електричні характеристики.

Будова акумуляторів.

Нікель - метал – гідридні акумулятори. Характеристики. Струмоутворюючі реакції.

Будова акумуляторів

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. Прикладная электрохимия. Под редакцией А.П. Томилова. - М.: Химия, 1984, 520 с.

2. Прикладная электрохимия. Под редакцией Л.Л. Ротиняна .- Л.: Химия 1974, 536 с.

3. Прикладная электрохимия. Под редакцией Н.Т. Кудрявцева. - М.: Химия, 1975, 551 с.

4. Багоцкий В.С., Скундин А.М., Химические источники тока. - М.: Энергоиздат, 1981, 360 с.

5. Химические источники тока. Под редакцией В.Н.Варыпаева. - М. : Высшая школа, 1990, 240 с.

ДОДАТКОВА:

6. В.Н.Флеров. Сборник задач по прикладной электрохимии. - М. : Высшая школа, 1987, 318 с.
7. Дамье В.Н., Рысухин Н.Ф. Производство первичных источников тока. - М.: Высшая школа, 1970, 278 с.
8. Дасоян М.А., Новодережкин В.В., Томашевский Ф.Ф. Производство электрических аккумуляторов. - М.: Высшая школа, 1970, 381 с.
9. Коровин Н.З. Новые химические источники тока. - М.: Энергия, 1978, 184 с.
10. Кедринский Н.А., Дмитренко В.Е., Поваров Ю.М., Грудянов И.И. Химические источники тока с литиевым электродом. - Красноярск, Изд.КГУ, 1983, 247 с.
11. Расчеты ХИТ. Методические указания по курсовому проектированию. - Киев, КПИ, 1974, 54 с.
12. Методические указания к лабораторным занятиям по курсу "Технология и оборудование электрохимических производств". - Киев, КПИ, 1984, - 61 с.
13. Практикум по прикладной электрохимии. Под редакцией П.М. Вячеславова, В.Н.Кудрявцева. - Л.: Химия, 1980, 287 с.
14. Инструкции к лабораторным работам по прикладной электрохимии. Киев, КПИ, 1973, -75с.
15. Методические указания к самостоятельному изучению курса "Прикладная электрохимия», раздел «Химические источники тока». Киев, КПИ, 1990. – 60 с.
16. Справочник. Химические источники тока/ Под ред. Н.В.Коровина и А.М.Скундина. М.: Издательство МЭИ, 2003.
17. Нижниковский В.А. Химические источники автономного питания радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Издательство МЭИ 2004, 228 с., ил.
18. Байрачний Б.І. Технічна електрохімія ч.2. Хімічні джерела струму, Харків, ВЦ НТУ «ХПІ». 2002, 174 с.

Інформаційні ресурси

19. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); код курсу 3flhvvr.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

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

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<u>Предмет і задачі дисципліни</u> Мета і задачі дисципліни, її зв'язок з іншими дисциплінами освітньої програми

	<i>“Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів”. Сучасний стан і перспективи розвитку електрохімічних виробництв у хімічній промисловості. Основні напрямки розвитку техніки електролізу в хімічній промисловості.</i>
2	<u>Основні елементи і поняття</u> <i>Основні елементи і поняття електрохімічних виробництв продуктів в хімічній промисловості. Електроди. Діафрагми. Електроліти.</i>
3	<u>Промисловий електроліз</u> <i>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. Промисловий електроліз: схеми підключення електродів, конструкції електролізерів, компонування цеху електролізу, джерело постійного струму.</i>
4	<u>Теоретичні основи процесу.</u> <i>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 розкладу води, перенапруга водню і кисню, падіння напруги в електроліті і діафрагмі. Газонаповнення електроліту. Енергетичний і тепловий баланси ванн. Електроліз води під тиском.</i>
5	<u>Апаратне оформлення процесу електролізу води.</u> <i>Конструкція електролізерів для електролізу води: моно- і біполярні конструкції. Подача води до ванн. Регулювання тиску газів і рівню електроліту в ванні.</i>
6	<u>Шляхи підвищення економічності процесу електролізу води.</u> <i>Високотемпературний електроліз із твердим електролітом, електроліз із іонообмінними мембранами.</i>
7	<u>Електролітичне виробництво хлору, лугів та водню</u> <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. Кінетика анодного виділення хлору і проблема анодного матеріалу.</i>
8	<u>Діафрагмовий метод виробництва.</u> <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 біполярні конструкції електролізерів з осажденою діафрагмою. Особливості експлуатації електролізерів з фільтруючою діафрагмою і анодами ОРТА.</i>
9	<u>Мембранний метод виробництва.</u> <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 мембранами. Моно- і біполярні конструкції електролізерів з іонообмінними мембранами. Шляхи вдосконалення мембранних технологій в електрохімічних виробництвах.</i>
10	<u>Ртутний метод виробництва.</u> <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>
11	<u>Технологічні схеми. Порівняння техніко-економічних показників методів виробництва.</u>

	<u>Виробництво хлору електролізом абгазної хлоридної кислоти.</u> Технологічні схеми і апаратурне оформлення виробництва луку і хлору. Вимоги до розсолу. Апаратурне оформлення стадій очищення розсолу, обробки луку, хлору, стічних вод. Порівняння техніко-економічних показників діафрагмового, мембранного і ртутного методів виробництва, шляхи їх удосконалення. Теоретичні основи електролізу абгазної хлоридної кислоти. Шляхи зниження витрат електроенергії. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва.
12	<u>Електрохімічний синтез оксигенвмісних сполук хлору.</u> Отримання гіпохлориту натрію. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу.
13	<u>Електрохімічний синтез оксигенвмісних сполук хлору.</u> Виробництво хлоратів. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу. Технологічна схема виробництва.
14	<u>Електрохімічний синтез оксигенвмісних сполук хлору.</u> Виробництво перхлоратної кислоти і перхлоратів. Основні і побічні процеси. Конструкція електролізерів. Технологічна схема виробництва перхлоратів.
15	<u>Виробництво пероксосполук.</u> Виробництво пероксодисульфатної кислоти і отримання гідроген пероксиду. Основні і побічні процеси при електролізі сульфатної кислоти. Гідроліз пероксодисульфатної кислоти. Отримання гідроген пероксиду. Конструкції електролізерів. Технологічна схема отримання гідроген пероксиду.
16	<u>Виробництво сполук мангану.</u> Виробництво перманганату калію. Основні і побічні процеси. Вихід за струмом. Раціональні умови електролізу.
17	<u>Виробництво сполук мангану.</u> Електросинтез манган (IV) оксиду. Основні і побічні процеси. Раціональні умови отримання.
18	<u>Електрохімічний синтез органічних речовин.</u> Електрохімічний синтез органічних речовин. Оптимальні умови ведення процесу. Конструкції електролізерів.

Практичні заняття

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

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Розділ 1, тема 1.1., тема 1.2 Практичне заняття 1. Електричні характеристики ХДС. Розрахувати питомі характеристики ХДС (6, №22, №23). Визначити видатність ХДС з струму (6, №24, №25).

2	Розділ 1, тема 1.3 Практичне заняття 2. Сухі марганець-цинкові елементи та батареї Механізм струмоутворюючих процесів у слабо кислих та лужних середовищах. Повітряно-цинкові та повітряно-марганець-цинкові елементи. Струмоутворюючі реакції. Області використання. Розрахувати коефіцієнт використання диоксиду марганцю (6, №5, №6). Визначити об'єм кисню, витраченого за 1 годину роботи батареї (6, №8).
3	Розділ 1, тема 1.4 Практичне заняття 3. Первинні ХДС наливного типу. Резервні ХДС. Особливості будови та експлуатації резервних ХДС. Мідно-окисні елементи (МОЕ). Струмоутворюючі реакції. Особливості конструкції. Розрахувати товщину цинкового електроду МОЕ (6, №7). Розрахувати ЕРС для реакцій, які мають місце в МОЕ (6, №29).
4	Розділ 2, тема 2.1, тема 2. 2. Практичне заняття 4. Паливні елементи. Принципова схема будови паливного елемента. Паливо, окислювачі, електроліти. Конструкції електродів. Розрахувати швидкість подання палива і окислювача в паливних елементах (6, №11).
5	Розділ 3, тема 3.1., тема 3.2. Практичне заняття 5. Вторинні ХДС, їх класифікація. Свинцеві кислотні акумулятори. Механізм струмоутворюючих процесів. Розрядно-зарядна характеристика. Розрахувати ЕРС свинцевого акумулятора (6, №26). Визначити кількість електроліту для наповнення свинцевого акумулятору (6, №4). Розрахувати спад напруги у електроліті.
6	Розділ 3, тема 3.3. Практичне заняття 6. Лужні нікель-залізні акумулятори. Механізм струмоутворюючих процесів. Розрядно-зарядні характеристики. Будова акумуляторів. Розрахувати кількість активної маси, яку необхідно закласти в акумулятор та частку окремих компонентів активної маси в струмоутворюючому процесі (6, №2, №3).
7	Розділ 3, тема 3.3. Практичне заняття 7. Лужні нікель-кадмієві акумулятори. Механізм струмоутворюючих процесів. Акумулятори з безламельними електродами. Герметичні нікель-кадмієві акумулятори, принцип герметизації. Визначити величину саморозряду НК акумуляторів. (6, №15). Визначити внутрішній опір НК акумулятора (6, №28). Визначити коефіцієнт використання активної речовини в окисдно-нікелевому електроді (6, №17).

8	Розділ 3, тема 3.3. Практичне заняття 8. Срібно-цинкові (СЦ) лужні акумулятори. Струмоутворюючі реакції. Розрядно-зарядні характеристики. Особливості будови. Розрахувати кінцеву температуру СЦ акумулятора при його розряді (6, №31). Розрахувати кількість джоулевої теплоти, яка виділяється при заряді СЦ акумулятора.(6, №33).
9	Розділ 3, тема 3.4 Практичне заняття 9. Сучасні акумулятори Нікель-метал гідридні та літій – іонні акумулятори. Основні типи, принцип дії, характеристики. Механізм струмоутворюючих процесів. Струмоутворюючі реакції. Будова акумуляторів. (16, стор.503-511, 567-595).

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	Кількість ауд. годин
1	Випробування первинних джерел струму.	9
2	Випробування свинцевого кислотного акумулятора.	9
3	Випробування нікель-кадмієвого лужного акумулятора.	9
4	Випробування паливного елемента.	9

6. Самостійна робота студента/аспіранта

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

Вид СПС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу; проведення розрахунків та оформлення звітів з лабораторних робіт; підготовка до проведення практичних завдань та виконання розрахунків, виконання розрахунково-графічної роботи, написання модульної контрольної роботи	4 – 5 годин на тиждень
Підготовка до екзамену	10 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 та практичні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, лабораторні заняття – в навчальних лабораторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу

дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять є обов'язковим.

Правила захисту лабораторних робіт:

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

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

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

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

Поточний контроль: робота на практичних заняттях, виконання та захист лабораторних робіт.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

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

- відповіді на практичних заняттях (в середньому 1 раз за семестр);
- виконання та захист 4 лабораторних робіт - в звичайному та змішаному режимах роботи Університету, або 2 лабораторних робіт - в дистанційному режимі роботи Університету;

Критерії нарахування балів:

1. Робота на практичних заняттях

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

- безпомилкове виконання розрахункового завдання або розрахунок з деякими математичними похибками - 4 бали;
- виконання завдання з деякими математичними похибками або після невеликої навідної допомоги викладача чи іншого студента - 3 бали ;
- проведення розрахункових вправ зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру - 2 бали;
- проведення розрахункових вправ з грубими помилками щодо хімічної чи хіміко-технологічної суті завдання - 0 балів.

2. Лабораторні роботи

2.1. в звичайному та змішаному режимах роботи Університету

Ваговий бал – **10 балів**. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск і власне виконання (6 балів), та якість оформленого протоколу і захисту роботи (4 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;

- при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей; є зауваження щодо підготовки протоколу; виконання завдання ЛР в повному обсязі при додержанні правил і норм техніки безпеки - 2 бали;
- виконання завдань ЛР в повному обсязі при наявності зауважень з боку викладача щодо необґрунтованого відхилення від методичних вказівок або щодо додержання вимог техніки безпеки - 1 бал;
- 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 вмій з завдань виконаної ЛР; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів - 4 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- не зовсім повне оволодіння знаннями і вміннями за підсумками виконання ЛР; зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу - 3 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.

2.2. в дистанційному режимі роботи Університету

Ваговий бал – **6,4 бали**. Бали за лабораторну роботу розраховуються як сума балів за виконання окремих етапів роботи – допуск (0,4 бали), участь у виконанні роботи та якість оформленого протоколу (2 бали), 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 - 0,4 бали;
- при перевірці готовності студент має утруднення при формулюванні вірних відповідей; є зауваження щодо підготовки протоколу - 0 балів;

Участь у виконанні лабораторної роботи та якість оформленого протоколу

- здатність пояснити усі необхідні операції; бездоганне оформлення протоколу та інших матеріалів - 2 бали;
- утруднення при формулюванні вірних відповідей щодо ходу роботи та допоміжних операцій; зауваження щодо повноти і якості оформлення протоколу - 1,5 бала;
- студент надає відповідь тільки після отримання підказки з боку інших студентів або викладача; наявність суттєвих зауважень щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні матеріалів з виконаної ЛР - 1 бал;
- неспроможність надати пояснення щодо ходу роботи; суттєві зауваження щодо повноти, грамотності і охайності при оформленні протоколу ЛР - 0 балів;

Захист лабораторної роботи

- наявність впевнених знань з завдань виконаної ЛР - 4 бали (не менше 90 % потрібної інформації);
- не зовсім повне оволодіння знаннями за підсумками виконання ЛР - 3 бали (не менше 75 % потрібної інформації);
- наявність значних утруднень під час відповіді по виконаній роботі - 2 бали (не менше 60 % потрібної інформації);
- неспроможність дати відповідь по виконаній роботі - 0 балів.

3. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – **10 балів**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- безпомилкове виконання розрахункового завдання або розрахунків з деякими математичними похибками - 10 балів;
- виконання завдання з деякими математичними похибками або після невеликої навідної допомоги викладача - 8 балів ;
- проведення розрахункових вправ зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру - 6 балів;
- проведення розрахункових вправ з грубими помилками щодо хімічної чи хіміко-технологічної суті завдання - 0 балів.

4. Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал – **12 балів**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- безпомилкове виконання розрахункового завдання або розрахунків з деякими математичними похибками - 12 балів;
- виконання завдання з деякими математичними похибками або після невеликої навідної допомоги викладача - 8 балів ;
- проведення розрахункових вправ зі значущими помилками хімічного, стехіометричного чи математичного характеру - 6 балів;
- проведення розрахункових вправ з грубими помилками щодо хімічної чи хіміко-технологічної суті завдання - 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є рейтинг студента 50 % від максимально можливого на час календарного контролю. На **першому календарному контролі** (8-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше **28 балів**. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «атестований», якщо його поточний рейтинг не менше **41 бал**.

Семестровий контроль: усний екзамен.

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

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

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

$$RC = r_{\text{пр}} + r_{\text{мкр}} + r_{\text{лр}} = 4 + 24 + 32 = 60 \text{ балів.}$$

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

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри технології електрохімічних виробництв, к.х.н., доцентом Биком Михайлом Володимировичем.

Ухвалено кафедрою технології електрохімічних виробництв (протокол № 13 від 28.06.2021р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 23.06.2021р.)