



Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра технології
неорганічних речовин,
водоочищення та
загальної хімічної
технології

Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів

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 речовин та водоочищення</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6,5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен письмовий</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години на тиждень (1 пара), комп'ютерний практикум 2 години на тиждень (1 пара) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: <i>к.т.н., доцент Концевой Андрій Леонідович, kontsev@xtf.kpi.ua¹</i> <i>ст. викл. Обушенко Тетяна Іванівна, tio63@xtf.kpi.ua,</i> <i>obushenko.tetiana@lll.kpi.ua</i> Лабораторний практикум: <i>ст. викл. Обушенко Тетяна Іванівна, tio63@xtf.kpi.ua,</i> <i>obushenko.tetiana@lll.kpi.ua</i> <i>к.т.н., доц. Янушевська Олена Іванівна, l_rrr@ukr.net</i>
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); pm7aes4 доступ за запрошенням викладача

Програма навчальної дисципліни

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

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей:

- використовувати базові знання фундаментальних розділів математики, в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом відповідної галузі знань,
- використовувати математичні методи в обраній професії;

¹ Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

- використання комп'ютерної техніки та програм у професійній діяльності,
- проектування технологічних процесів з проведенням необхідних розрахунків та обґрунтуванням головних технологічних параметрів з використанням вимог державних стандартів та нормативних документів;
- використовувати знання, уміння і навички, засоби системного дослідження для удосконалення та розробки технологічних систем галузі.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- основні механізми хімічної кінетики стосовно гетерогенно-каталітичних процесів;
- основні закони дифузійної кінетики;
- методи дослідження властивостей каталізаторів;
- основні закономірності підбору каталізаторів;
- технології приготування каталізаторів різними методами;

уміння:

- складати кінетичні рівняння каталітичних процесів згідно з їх механізмами;
- робити розрахунки дифузійних стадій каталітичних процесів;
- вимірювати каталітичну активність й питому поверхню каталізаторів;
- проводити основні операції при приготуванні каталізаторів методами осаджування, змішування та просочення (імпрегнування);
- складати матеріальні і теплові баланси каталітичних процесів.

досвід:

асоціативного використання фахових знань і умінь для виконання лабораторних досліджень і проектних розробок з хімічної технології каталізаторів та каталітичних процесів.

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

Зазначається перелік дисциплін, знань та умінь, володіння якими необхідні студенту для успішного засвоєння дисципліни:

Навчальний матеріал дисципліни «Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів» базується на знаннях дисциплін «Загальна та неорганічна хімія», «Процеси і апарати хімічних виробництв», «Загальна хімічна технологія», «Фізична хімія», «Теоретичні основи технології неорганічних речовин», «Хімічна технологія неорганічних речовин».

Дисципліни, які базуються на результатах навчання: дисципліни циклу професійної підготовки та при роботі над магістерською дисертаційною роботою.

3. Зміст навчальної дисципліни

РОЗДІЛ 1. Механізми, кінетика і макрокінетика гетерогенних каталітичних процесів

Тема 1. Статика, кінетика і механізми адсорбційних процесів

Класифікація каталітичних процесів. Стадії гетерогенного каталізу. Основні поняття каталізу. Питома каталітична активність. Роль хімічного складу каталізатору і реакційного середовища. Дезактивація каталізаторів. Адсорбція і

кінетика на ідеальній однорідній поверхні. Фізична адсорбція і хемосорбція. Ізотерми і ізобари адсорбції. Рівняння Ленгмюра і БЕТ. Капілярна конденсація. Рівняння Кельвіна. Механізм хімічної адсорбції. Статика і кінетика адсорбції. Типи ізотерм адсорбції в залежності від моделі поруваної структури. Адсорбція газових сумішей. Теплота адсорбції: інтегральна, диференціальна, ізостерна. Методи визначення теплоти адсорбції. Взаємодія реакційного середовища з каталізатором. Активована адсорбція. Використання рівняння Кельвіна для побудови залежності об'єму пор від розміру пори.

Тема 2 Кінетика і механізми каталітичних процесів

Кінетика гетерогенних каталітичних реакцій на однорідній поверхні. Закон діючих поверхонь. Кінетика Ленгмюра-Хіншельвуда. Спостережна енергія активації і порядок реакції. Передбачення каталітичної дії: теорії гетерогенного каталізу Баландіна та Борескова. Передбачення каталітичної дії: теорії гетерогенного каталізу Рогинського та Волькенштейна. Вплив механізму реакції на вид кінетичного рівняння: адсорбція продуктів реакції, ударний механізм Ріділа, дисоціативна адсорбція.

Рівняння складної каталітичної реакції: оборотної, паралельної, послідовної. Кінетика реакцій на каталізаторах з активністю, що змінюється: самоотруєння, отруєння, блокування, старіння.

Квазістаціонарні реакції. Умови квазістаціонарності. Теорія стаціонарних реакцій. Маршрут, швидкість по маршруту. Кількість незалежних маршрутів реакції. Стехіометричний базис маршрутів.

Тема 3. Дифузійна кінетика каталітичних процесів

Порувата структура і поверхня каталізаторів. Вплив процесів переносу речовини і теплоти на хід гетерогенної каталітичної реакції. Области проходження процесу: зовнішньодифузійна і внутрішньодифузійна. Кінетика процесу в зовнішньодифузійній області. Вплив основних технологічних параметрів на проходження процесу. Розрахунок коефіцієнту масовіддачі за критеріальними рівняннями.

Кінетика процесу в внутрішньодифузійній області. Перший закон Фіка. Дифузія молекулярна і за механізмом Кнудсена, залежність коефіцієнтів дифузії від параметрів каталізатору і процесу. Ефективний коефіцієнт дифузії. Квазігомогенна модель гранули каталізатору.

Визначення області протікання процесу: вплив температури, лінійної швидкості, розміру гранули каталізатору.

Розрахунок градієнту концентрації в гранулі каталізатора за другим законом Фіка. Аналіз рівняння швидкості процесу: значення енергії активації і порядку реакції. Ступінь використання внутрішньої поверхні. Параметр Тіле. Оптимальний розмір гранули каталізатора. Стаціонарний та нестаціонарний каталіз.

Тема 4. Кінетика гомогенного каталізу та топохімічних реакцій

Рівняння швидкості гомогенного каталітичного процесу. Кінетика топохімічних реакцій. Утворення зародків нової фази і їх зріст.

Кінетика формування каталізаторів. Відновлювання оксидних каталізаторів.

РОЗДІЛ 2. Технологія каталізаторів

Тема 1. Основні положення. Технологія осаджених каталізаторів.

Основні положення. Класифікація промислових каталізаторів. Сировина. Етапи виробництва контактних мас. Засоби формовки. Класифікація методів приготування каталізаторів.

Прийоми розрахунків активності і селективності каталізаторів.

Технологія осаджених каталізаторів. Типи каталізаторів. Загальна технологічна схема приготування осаджених каталізаторів. Основи осадження. Основи фільтрування. Промивка, сушка, формування каталізатору. Технологія приготування каталізатора конверсії СО марки СТК-І. Технологічна схема. Технологія приготування каталізатору НТК-4. Технологічна схема виробництва. Технологічні схеми каталізаторів виробництва СТК-1, НТК-4, СТК-СФ.

Тема 2. Технологія приготування каталізаторів на носіях.

Типи каталізаторів. Загальна технологічна схема приготування каталізаторів на носіях. Основи просочення, занурення, сприскування. Характеристики та засоби приготування носіїв: пемзи, азбесту, кізельгуру» металокераміки, активованого вугілля, силікагелю, оксидів алюмінію, корунду. Принципова схема приготування силікагелю. Технологія приготування каталізатору конверсії метану ДІАП-3. Технологічна схема виробництва.

Технологічні схеми виробництва каталізаторів ДІАП-3-6-н, ДІАП-8с, АВК-10, К-905, АПК-2.

Тема 3. Технологія приготування каталізаторів методом механічного змішування

Типи каталізаторів. Загальна технологічна схема приготування каталізаторів методом механічного змішування. Основи змішування, формування. Технологія приготування каталізатору синтезу метанолу. Технологічна схема виробництва.

Технологічні схеми виробництва каталізаторів СВД, ДІАП-16, СМС-4, СНМ-У.

Тема 4. Технологія приготування сітчастих металевих каталізаторів

Типи каталізаторів. Загальна технологічна схема приготування сітчастих металевих каталізаторів. Технологія приготування платинового сітчастого каталізатору окислення аміаку. Технологія приготування каталізатору засобом магнетронного напилення.

Технологічні схеми виробництва каталізаторів Pt-Rh. Pt-Rh-Pd.

Тема 5. Технологія приготування плавленого каталізатору

Типи каталізаторів, загальна технологічна схема приготування плавленого каталізатору. Технологія приготування каталізатору синтезу аміаку. Технологічна схема. Скелетні каталізатори. Загальна технологічна схема їх приготування.

Технологічні схеми виробництва каталізаторів СА-1, СА-С, СА-1В.

Тема 6 Каталізатори на основі глин та цеолітів

Типи каталізаторів. Загальна технологічна схема приготування природних каталізаторів та їх модифікація. Загальна технологічна схема приготування цеолітних каталізаторів.

Технологічні схеми виробництва каталізаторів з бентонітових глин. Цеолітні і гранульовані каталізатори.

РОЗДІЛ 3. Методи дослідження каталізаторів

Тема 1. Методи визначення активності каталізаторів

Поняття активності каталізаторів. Методи визначення активності. Статичний метод. Проточні методи. Проточно-циркуляційний метод. Схема проточно-циркуляційної системи з електромагнітним плунжерним насосом. Схема проточно-циркуляційної установки для окислення SO₂. Імпульсні методи, дослідження активності каталізаторів.

Тема 2. Дослідження структури каталізаторів.

Методи визначення макроструктури каталізаторів. Адсорбція як засіб визначення поверхні каталізатору. Аналіз рівняння БЕТ, Питома поверхня каталізаторів. Об'ємний метод визначення поверхні. Схема установки для визначення поверхні об'ємним методом. Хроматографічний метод визначення поверхні. Схема установки. Адсорбційний метод визначення радіуса пор. Ртутна порометрія. Поромери низького та високого тиску. Визначення істинної та уявної щільності каталізаторів. Ртутна установка для визначення уявної щільності каталізаторів.

Визначення механічної міцності каталізаторів. Методи механічних іспитів каталізаторів. Статичні та динамічні іспити. Метод стирання. Іспити каталізаторів фільтруючого шару. Дослідження каталізаторів в умовах реакції.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології. 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. Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів: Курс лекцій з розділу «Кінетика і макрокінетика гетерогенно-каталітичних процесів». Практикум. Розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,16 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 183 с.*
- 2. Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів: Конспект лекцій з розділу «Технологія каталізаторів». Лабораторний практикум. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» /уклад. Т.І. Обушенко, Ю.М. Феденко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 300 с.*
- 3. Курс лекцій. Комп'ютерний практикум. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту з дисципліни «Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів» для студентів спеціальності 8.05130101 «Хімічні технології неорганічних речовин» хіміко-технологічного факультету. /Укладачі: доц. А.Л. Концевой, ас. Банюк К.М. – НТУУ «КПІ», 2011.– 230 с.*
- 4. Методичні вказівки до лабораторних робіт по курсу «Каталіз та технологія каталізаторів»./Укл. Ю.В. Князєв, А.Л. Концевой, О.Б. Костоглод – НТУУ «КПІ», 2000.-52 с.*

5. Конспект лекцій з дисципліни «Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів. Розділ 1. Технології каталізаторів» для студентів спеціальності 8.05130101 «Хімічні технології неорганічних речовин» хіміко-технологічного факультету. / Укладачі: ст. викл. Т.І. Обушенко, ас. К.М. Банюк – НТУУ «КПІ», 2011.– 159 с.

Додаткова

6. Чонкендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика / И. Чонкендорф, Х. Наймантсведрайт ; пер. с англ. В. И. Ролдугина. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 504с.
7. Крылов О.В. Гетерогенный катализ: Учебное пособие для вузов/ О.В. Крылов – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004.–679с.
8. Киперман С.Л. Введение в кинетику гетерогенных каталитических реакций. - М.: Наука, 1964. - 608с.
9. Иоффе И.И. Инженерная химия гетерогенного катализа. / И.И. Иоффе, Л.М. Письмен - Л.: Химия, 1972. – 462 с.
10. Сеттерфилд Ч. Практический курс гетерогенного катализа. - М.: Мир, 1984. – 520 с.
11. Технология катализаторов /Под ред. И.П. Мухленова. - Л.: Химия, 1989. – 272 с.
12. Иоффе И.И. Гетерогенный катализ. / И.И. Иоффе, В.А. Решетов, А.М. Добротворский - Л.: Химия, 1985. – 224 с.
13. Дзисько В.А. Основы методов приготовления катализаторов. - Новосибирск: Наука, 1983.- 200 с.

Інформаційні ресурси

14. 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: розділ 1 s3vavbp; розділи 2-3 pm7aes4.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторних робіт та практичних занять з розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance [14]. 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	РОЗДІЛ 1. Кінетика і макрокінетика гетерогенних каталітичних процесів Тема 1 Статика, кінетика і механізми адсорбційних процесів Класифікація каталітичних процесів. Стадії гетерогенного каталізу. Основні поняття каталізу. Питома каталітична активність. Роль хімічного складу катализатору і реакційного середовища. Дезактивація катализаторів. Адсорбція і кінетика на ідеальній однорідній поверхні. Фізична адсорбція і хемосорбція. Ізотерми і ізобари адсорбції. Рівняння Ленгмюра і БЕТ. Капілярна конденсація. Рівняння Кельвіна. Механізм хімічної адсорбції. Статика, кінетика і динаміка адсорбції.
2	Адсорбція газових сумішей. Теплота адсорбції: інтегральна, диференціальна,

	<i>ізостерна. Методи визначення теплоти адсорбції. Взаємодія реакційного середовища з каталізатором. Активована адсорбція.</i>
3	<i>Тема 2 Кінетика і механізми каталітичних процесів Кінетика гетерогенних каталітичних реакцій на однорідній поверхні. Закон діючих поверхонь. Кінетика Ленгмюра-Хіншельвуда. Спостережна енергія активації і порядок реакції.</i>
4	<i>Вплив механізму реакції на вид кінетичного рівняння: адсорбція продуктів реакції, ударний механізм Ріділа, дисоціативна адсорбція вихідного газу.</i>
5	<i>Рівняння складної каталітичної реакції: оборотної, паралельної, послідовної. Кінетика реакцій на каталізаторах з активністю, що змінюється: самоотруєння, отруєння, блокування, старіння.</i>
6	<i>Тема 3. Дифузійна кінетика каталітичних процесів Порушата структура і поверхня каталізаторів. Вплив процесів переносу речовини і теплоти на хід гетерогенної каталітичної реакції. Области проходження процесу: зовнішньодифузійна і внутрішньодифузійна. Кінетика процесу в зовнішньодифузійній області. Вплив основних технологічних параметрів на проходження процесу. Розрахунок коефіцієнту масовіддачі за критеріальними рівняннями.</i>
7	<i>Кінетика процесу в внутрішньодифузійній області. Перший закон Фіка. Дифузія молекулярна і за механізмом Кнудсена. Квазігомогенна модель гранули каталізатору. Ефективний коефіцієнт дифузії.</i>
8	<i>Розрахунок градієнту концентрації в гранулі каталізатора за другим законом Фіка. Аналіз рівняння швидкості процесу: значення енергії активації і порядку реакції. Ступінь використання внутрішньої поверхні. Параметр Тіле. Оптимальний розмір гранули каталізатора.</i>
9	<i>Тема 4 Кінетика гомогенного каталізу та топохімічних реакцій Механізми гомогенних каталітичних реакцій. Рівняння швидкості. Контрольна робота з розділу 1.</i>
10	РОЗДІЛ 2. Технологія каталізаторів <i>Тема 1 Основні положення. Технологія осаджених каталізаторів. Введення в каталіз. Історія розвитку каталізу. Класифікація каталізаторів за методами приготування. Сировина. Етапи виробництва контактних мас. Способи формовки. Класифікація методів приготування каталізаторів.</i>
11	<i>Технологія осаджених каталізаторів. Типи каталізаторів. Загальна технологічна схема приготування осаджених каталізаторів. Основи осадження. Основи фільтрування. Промивка, сушка, формування каталізатору. Технологія приготування каталізатора конверсії СО марки СТК-1. Технологічна схема.</i>
12	<i>Тема 2 Технологія приготування каталізаторів на носіях. Типи каталізаторів. Типи носіїв. Загальна технологічна схема приготування каталізаторів на носіях. Основи просочення, занурення, сприскування. Характеристики та способи приготування носіїв: пемзи, азбесту, кізельгуру, металокераміки, активованого вугілля, силікагелю, оксидів алюмінію, корунду. Принципова схема приготування силікагелю. Технологія приготування каталізатору конверсії метану ГІАП-3. Технологічна схема виробництва.</i>
13	<i>Тема 3 Технологія приготування каталізаторів методом механічного змішування Типи каталізаторів. Загальна технологічна схема приготування каталізаторів методом механічного змішування. Основи змішування, формування. Технологія приготування каталізатору синтезу метанолу. Технологічна схема виробництва.</i>
14	<i>Тема 4 Технологія приготування сітчастих металевих каталізаторів Типи каталізаторів. Загальна технологічна схема приготування сітчастих металевих каталізаторів. Технологія приготування платинового сітчастого каталізатору</i>

	окислення аміаку. Технологія приготування каталізатору засобом магнетронного напилення.
15	Тема 5 Технологія приготування плавленого каталізатору Типи каталізаторів, загальна технологічна схема приготування плавленого каталізатору. Технологія приготування каталізатору синтезу аміаку. Технологічна схема. Скелетні каталізатори. Загальна технологічна схема їх приготування.
16	Тема 6 Каталізатори на основі глини та цеолітів Типи каталізаторів. Загальна технологічна схема приготування природних каталізаторів та їх модифікація. Загальна технологічна схема приготування цеолітних каталізаторів.
17	РОЗДІЛ 3. Методи дослідження каталізаторів Тема 1. Методи визначення активності каталізаторів Поняття активності каталізаторів. Методи визначення активності. Статичний метод. Проточні методи. Проточно-циркуляційний метод. Схема проточно-циркуляційної системи з електромагнітним плунжерним насосом. Схема проточно-циркуляційної установки для окислення SO_2 .
18	Тема 2. Методи визначення макроструктури каталізаторів Адсорбція як засіб визначення поверхні каталізатору. Аналіз рівняння БЕТ, Питома поверхня каталізаторів. Об'ємний метод визначення поверхні. Схема установки для визначення поверхні об'ємним методом. Хроматографічний метод визначення поверхні. Схема установки. Адсорбційний метод визначення радіуса пор. Ртутна порометрія. Поромери низького та високого тиску. Визначення істинної та уявної густини каталізаторів.

Практичні заняття

Основною метою практичних занять дисципліни є навчання студентів використовувати теоретичні знання, набуті на лекціях і при самостійній роботі, для вирішення конкретних практичних завдань з фахового напрямку, набуття студентами вмінь і навичок проведення технологічних і проектно-конструкторських розрахунків з фаху. При цьому одночасно ставиться за мету поглиблення теоретичних знань при усвідомленні студентами методики застосування цих знань для розрахункового обґрунтування реальних рішень з фахової діяльності.

№ з/п	Тема заняття
1	Розрахунки адсорбційних процесів. Статика і динаміка адсорбції
2	Розрахунок каталітичних процесів, що протікають в кінетичній області. Визначення кінетичних параметрів за заданим механізмом.
3	Розрахунок густини, в'язкості, теплопровідності, коефіцієнта дифузії індивідуальних газів та їх суміші
4	Розрахунок каталітичних процесів, що протікають в зовнішньо дифузійній області
5	Розрахунок каталітичних процесів, що протікають у внутрішньо дифузійній області. Визначення ступеня використання поверхні каталізатора
6	Розрахунок теплообміну в каталітичних реакторах
7	Розрахунки адсорбційних процесів. Статика і динаміка адсорбції
8	Розрахунок каталітичних процесів, що протікають в кінетичній області. Визначення кінетичних параметрів за заданим механізмом.
9	Розрахунок густини, в'язкості, теплопровідності, коефіцієнта дифузії індивідуальних газів та їх суміші

6. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять націлені на те, щоб виконати хімічний аналіз сировини, продуктів хімічного перетворення при одержанні каталізаторів і здійснити лабораторні дослідження каталітичних процесів та оцінити одержані результати.

№ з/п	Назва лабораторної роботи
1	Вступне заняття. Техніка безпеки. Особливості проведення лабораторних робіт з хімічної технології неорганічних речовин. Правила оформлення протоколів.
2	Одержання каталізаторів глибокого окиснення вуглеводів (метану) методом співосадження активних компонентів
3	Приготування каталізатора методом просочування та його дослідження
4	Одержання каталізаторів методом електрохімічного осаження активних компонентів на сітчастому носії
5	Одержання активного оксиду алюмінію осаженням з розчину
6	Визначення питомої поверхні каталізатора.
7	Каталітичне окиснення оксиду вуглецю
8	Визначення загальної поруватості каталізатора
9	Підсумкове заняття

7. Самостійна робота студента

Зазначаються види самостійної роботи (підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання домашньої контрольної роботи тощо) та терміни часу, які на це відводяться.

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на практичних заняттях, оформлення звітів з лабораторних робіт, виконання розрахункової роботи, підготовка до захисту лабораторних робіт, практичних завдань та розрахункової 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, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на практичних заняттях, оформлення звітів з лабораторних робіт	52 години
Виконання розрахункової роботи	15 годин
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	8 години
Підготовка до екзамену	30 годин

8. Індивідуальні завдання

Для більш ґрунтовного опанування програмного матеріалу кредитного модуля "Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів" кожен студент, окрім СРС, одержує індивідуальне завдання на розрахункову роботу за темою: Розрахунки виробництва залізо-хромового каталізатора парової конверсії оксиду (II) карбону. Ціллю індивідуального завдання є стимулювання студентів до самостійного осмислення теоретичного і фактичного матеріалу, самостійного виконання матеріальних і теплових розрахунків, вдосконалення вміння пошуку та аналізу інформації з програмного матеріалу (в т. ч. з використанням мережі Internet) і творчого, продуктивного, обґрунтованого рішення індивідуального завдання, що максимально наближена до реальних виробничих проблем.

Політика та контроль

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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

На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms, Classtime тощо). Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які правильно виконали розрахунки (при неправильно виконаних розрахунках їх слід усунути).
2. Після перевірки завдання викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.
3. Несвоєчасні захист і виконання роботи без поважної причини штрафуються відповідно до правил призначення заохочувальних та штрафних балів.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. Використання розрахункових або дослідних матеріалів інших студентів і подання їх за свої штрафуються до 3 балів;
2. Несвоєчасне виконання практичного завдання або лабораторної роботи без поважної причини штрафується 1 балом;
3. Несвоєчасний захист роботи без поважної причини штрафуються 1 балом;
4. За кожний тиждень запізнень з поданням розрахункової роботи на перевірку нараховується 1 штрафний бал (але не більше 5 балів).
5. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
6. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 6 заохочувальних 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 доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

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

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на комп'ютерних практикумах, МКР, захист РР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: письмовий екзамен.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

- 1) роботу на практичних заняттях;
- 2) виконання та захист 7 тематичних лабораторних робіт;
- 3) виконання та захист розрахункової роботи;
- 4) модульну контрольну роботу;
- 5) письмову відповідь на іспиті.

1 Робота на практичних заняттях:

Ваговий бал на за присутність на занятті становить 1 бал. Кількість практичних занять – 9. Максимальна кількість балів на усіх практичних заняттях дорівнює: 9 балів.

Критерії оцінювання:

1 бал: безпомилкове виконання та оформлення завдання під час поточного заняття;

0,75 бала: вірне в цілому виконання з незначними недоліками в оформленні, або помилковим виконанням окремих елементів роботи, здача роботи під час наступного заняття;

0,6 бала: вірне виконання роботи після навідної допомоги викладача або проведення роботи зі значущими помилками, які підлягають виправленню; здача роботи під час наступного заняття;

0 балів: неповне виконання завдання викладача або проведення роботи з грубими помилками, що підлягають не виправленню, а переробки завдання.

2 Робота під час лабораторних занять:

Ваговий бал 1. Максимальна кількість балів на усіх лабораторних заняттях дорівнює: 2 бал '7 = 14 балів.

1,8-2 бал «відмінно»: охайно оформлений протокол лабораторної роботи з чіткими результатами експерименту та висновками, безпомилкові відповіді на контрольні запитання до лабораторної роботи;

1,7-1,5 балів «добре» : наявність протоколу з незначними недоліками, вірні в цілому відповіді на контрольні запитання з незначними неточностями;

1,4-1,2 балів «задовільно»: вірні відповіді на контрольні запитання після навідної допомоги викладача або неповністю оформлений протокол (нечіткі висновки, відсутність деяких розрахунків), який підлягає доповненню;

0 балів «незадовільно»: невиконання завдань ЛР в повному обсязі за відведений час при наявності зауважень з боку викладача щодо вірності виконання роботи, відповіді на завдання викладача з помилками принципового характеру.

3. Розрахункова робота

Ваговий бал – 7.

Критерії оцінювання:

- «відмінно»: безпомилкове виконання та оформлення всіх завдань – 7 балів;
- «добре»: вірне в цілому рішення з незначними недоліками в оформленні, або похибками окремих елементів розрахунку – 6 балів;
- «задовільно»: виконання вірних розрахунків після навідної допомоги викладача або проведення розрахунків зі значущими помилками, які підлягають виправленню – 5 балів;
- «незадовільно»: неповне виконання завдань або проведення розрахунку з грубими помилками – 0 балів.

4 Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал дорівнює 5. Максимальна кількість балів за 2 модульні контрольні роботи тривалістю 1 година становить 10.

Нарахування балів за 1 МКР здійснюється за наступними критеріями.

Критерії оцінювання МКР:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 5 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 4 бали;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали), списування (плагіат) під час контрольної, відмова від виконання контрольної роботи – 0 балів.

Штрафні та заохочувальні бали за :

1. Використання розрахункових або дослідних матеріалів інших студентів і подання їх за свої штрафується до 3 балів;
2. Несвоєчасне виконання практичного завдання або лабораторної роботи без поважної причини штрафуються 1 балом;
3. Несвоєчасний захист роботи без поважної причини штрафуються 1 балом;
4. За кожний тиждень запізнення з поданням розрахункової роботи на перевірку нараховується 1 штрафний бал (але не більше 5 балів).
5. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
6. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;

Сума штрафних балів (r_s) не повинна перевищувати, як правило $0,1R_c$ (себто 4 бали).

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 40 балів

$$R_c = 9 + 14 + 7 + 10 = 40$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування модульної та розрахункової контрольних робіт, всіх лабораторних занять, індивідуальних завдань на практичних заняттях і стартовий рейтинг не менше 20 балів.

Екзаменаційна складова дорівнює 60 балів.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

Екзаменаційний білет містить 6 запитань, письмова відповідь на кожне з яких оцінюється у 10 балів за наступною системою:

- «відмінно» 10-9 балів: повна і безпомилкова відповідь при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, бездоганне обґрунтування цієї відповіді з залученням літературних джерел;
- «добре» 8,9-7,5 балів: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 75% розкриттям питання, відповідь ґрунтується тільки на матеріалах конспекту;

- «задовільно» 7,4-6 балів: взагалі вірна але недостатньо повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 60% розкриттям питання з двома – трьома досить суттєвими помилками;
- «незадовільно» 0 балів: відсутність на іспиті без поважних причин або відмова від участі в іспиті.

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

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Вимоги до оформлення розрахункової роботи, перелік запитань до МКР та екзамену наведені у Google Classroom «Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів» (платформа Sikorsky-distance).
- Перелік матеріалів, якими дозволено користуватись під час екзамену: Незаповнені проекти технологічних схем виробництва каталізаторів. Студент для складання екзамену повинен мати при собі залікову книжку та ручку. Аркуші паперу для письмової відповіді надає екзаменатор. Користування на екзамені будь-якою допоміжною літературою, засобами зв'язку та електронними носіями інформації (мобільні телефони, електронні книжки тощо) заборонено. За порушення вимог студенти усуваються від екзамену.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

доцент кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології к.т.н. доц. Концевой А.Л.

старший викладач кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології Обушенко Т.І.

Ухвалено кафедрою технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології (протокол № ____ від _____)²

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 2 від 14.10.2020 р.)

² Силабус спочатку погоджується метод. Комісією, а потім Ухвалюється кафедрою.