



НОВІТНІ ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус освітньої компоненти	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг освітньої компоненти	<i>4 кредити / 120 годин (лекційні заняття – 36 годин, лабораторні заняття – 36 годин, СРС -)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / ДКР, МКР</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години на тиждень (1 пара), лабораторні роботи 4 години раз на два тижні (2 пари) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Янушевська Олена Іванівна, l_rrr@ukr.net. Лабораторний практикум: к.т.н., ст. викл. Нижник Тарас Юрійович, taren8@gmail.com,</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NzI1NDg3NTgwNDc3?cjc=4bezinx

Програма освітньої компоненти

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

Новітні хімічні технології одержання каталізаторів та адсорбентів, що входять в основу каталізаторів, є важливим етапом формування у студентів базових знань в сфері виробництва сорбентів та каталізаторів на їх основі, особливостей їх вибору і застосування в різних промислових галузях, інноваційних шляхів вдосконалення каталізаторів з використанням сучасних технологій. Освітня компонента спрямована на опанування студентами базових компетенцій та навиків синтезу каталізаторів в лабораторних умовах.

Предмет освітнього компоненту: основні закономірності вибору каталізаторів; існуючі та новітні технології/способи виробництва каталізаторів; методи дослідження основних характеристик каталізаторів та адсорбентів, що входять в основу каталізаторів; застосування каталізаторів в різних промислових процесах.

Мета освітнього компоненту: формування та закріплення у студентів другого «магістерського» рівня вищої освіти наступних компетенцій: (ЗК01) Здатність генерувати нові ідеї (креативність); (ЗК02) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (ЗК03) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні спеціальні (фахові) компетентності: (ФК 01) Здатність досліджувати, класифікувати і аналізувати показники якості хімічної продукції, технологічних процесів і обладнання хімічних виробництв; (ФК11) Здатність створювати екологічні, безвідходні, «зелені», «чисті», ресурсоефективні хімічні технології та сучасні

технології моніторингу навколишнього середовища на основі стандартних та оригінальних підходів.

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні програмні результати навчання: (ПРН02) Здійснювати пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію; (ПРН05) Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення і презентації результатів професійної діяльності, досліджень та проектів; (ПРН07) Здійснювати у науково-технічній літературі, патентах, базах даних, інших джерелах пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, і аналізувати та оцінювати відповідну інформацію; (ПРН09) Знання сучасних методів дослідження, приладів та обладнань, програмного забезпечення в області хімічних технологій та інженерії.

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

Пререквізити: диплом рівня «бакалавр» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія». Бакалаврський рівень знань у хімічній технології та інженерії на бакалаврському рівні.

Постреквізити:

Виконання магістерської дисертації	Здатність проводити експеримент із використанням теоретичних знань та практичних навиків, критично оцінювати отримані результати, використовувати в дослідженнях інноваційні технології, проводити теоретичні та практичні дослідження на відповідному рівні з метою отримання нових матеріалів.
------------------------------------	--

3. Зміст освітньої компоненти

Розділ 1. Роль адсорбційних та каталітичних процесів у хімічній технології, особливості структури, фізико-хімічних властивостей та умов використання каталізаторів та адсорбентів, що входять в основу каталізаторів

Тема 1.1. Визначення адсорбції. Адсорбент, адсорбтив, адсорбат. Надлишкова або Гіббсівська адсорбція, абсолютна та питома адсорбція. Фізико-хімічні основи та особливості фізичної адсорбції. Фізико-хімічні основи та особливості хімічної адсорбції. Поверхнева енергія рідини γ та поверхневий натяг σ . Приклади задач. Теорія мономолекулярної адсорбції, рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра. Приклади задач. Характеристики рівняння Генрі та рівняння Фрейндліха. Теорія полімолекулярної адсорбції, рівняння Брунауера-Еммета-Теллера. Визначення поняття – «каталізатор». Функціональні особливості каталізаторів, принцип каталітичної дії. Вимоги, що висуваються до каталізаторів (активність, термічна, хімічна та механічна стійкість). Продуктивність, селективність каталізатора. Температура запалювання каталізатора. Вплив температури на швидкість реакції. Рівняння Арреніуса. Приклади задач.

Розділ 2. Способи одержання каталізаторів

Тема 2.1 Цеоліти як адсорбенти та основа сучасних каталізаторів.

Визначення поняття цеоліти. Цеоліти природні та синтетичні. Структура цеолітів, первинні та вторинні структурні елементи. Номенклатура цеолітів. Молекулярно-ситовий ефект та його значення в адсорбції та каталізі. Термостійкість цеолітів, алюмосилікатним модуль. Пористі властивості цеолітів. Методи синтезу цеолітів. Основні методи модифікування цеолітів: зміна складу в процесі кристалізації; іонний обмін; введення в цеоліт модифікаторів; деалюмінівання цеолітів; одержання водневої форми; нанесення металів на поверхню. Використання цеолітів у адсорбційних процесах та у ролі каталізаторів. Природні матеріали

та їх активація (боксит, кізельгур, залізняк, глини – бентоніт, каолініт, монтморилоніт). Виготовлення каталізаторів методом плавлення. Металеві, оксидні, скелетні каталізатори.

Тема 2.2 Технології одержання каталізаторів методами осадження з розчинів. Загальні теоретичні положення синтезу каталізаторів з розчинів їх солей. Приготування розчинів солей металів, рН осадження солей металів. Метод прямого осадження, метод зворотного осадження твердої фази з розчинів. Золь-гель метод одержання каталізаторів. Основи гідротермального синтезу. Метод темплатного синтезу. Використання гідротермального та золь-гель методу для приготування наноструктурних каталізаторів. Метод Печіні (цитратний золь-гель синтез). Приготування металоксидних каталізаторів на основі TiO_2 , ZrO_2 .

Тема 2.3 Технологія приготування каталізаторів з газової фази методом CVD, PVD.

Технологічні характеристики методу CVD і PVD (тип газу-носія, швидкість потоку, конструкційні особливості печі). Приготування каталізаторів заданої морфології. Синтез вуглецевих нанотрубок (ВНТ) (нанотрубки, фулерени). Каталітичний синтез вуглецевих нанотрубок. Парофазна епітаксія. Клонування ВНТ з контрольованою хіральністю. Перспективи застосування ВНТ.

Тема 2.4 Основи ензимної інженерії. Визначення поняття – фермент, як каталізатор. Будова ферментів, принцип дії ферментів. Основні відмінності ферментів від неорганічних каталізаторів. рН-лабільність, термолабільність Вилучення ферментів зі біологічних систем. Гель-фільтрація, іонообмінна хроматографія, розподільна хроматографія, адсорбційна хроматографія. Розділення білків за різною розчинністю (висолювання, осадження органічними розчинниками). Відділення білків від низькомолекулярних домішок (діаліз). Розділення білків за зарядом і молекулярною масою (електрофорез). Інноваційні застосування ферментів у нанотехнологіях. Основне завдання інженерної ензимології. Приклад застосування ферментів в паперовому виробництві. Приклади інноваційних застосувань ферментативних технологій.

Тема 2.5 Специфіка застосування каталізаторів в системах очищення газових та рідких викидів. Фотокаталізатори очищення розчинів від органічних полютантів. Принцип дії фотокаталізаторів. Способи зменшення ширини забороненої зони для підвищення ефективності фотокаталізаторів. Основи створення безвідходних технологій з використанням наноструктурних матеріалів як фотокаталізаторів.

Тема 2.6 Вугільні адсорбенти, як носій для каталізаторів. Сировина для їх виробництва (викопне вугілля, торф та торф'яний напівкокс; рослинна та тваринна сировина: рослинні агровідходи, шкарлупа горіхів та кісточки плодів, шкіра, вовна, м'ясо, кров та кістки тварин, риба, морські водорості; синтетичні полімери, гідратцелюлозне волокно, відходи целюлозно-паперової та цукрової промисловості тощо). Вуглепідготовче виробництво, підготовка шихти до коксування. Способи карбонізації карбонвмісної сировини (технологічні параметри, умови), формування високорозвиненої пористої поверхні вуглецевих матеріалів. Активація вугілля (фізична та хімічна активація). Методи обробки вугілля з метою отримання активованого вугілля (АВ): термічна обробка в інертному середовищі (Ar , N_2); окиснення в рідкій фазі (кисневмісними кислотами). Методи обробки вугілля з метою отримання активованого вугілля (АВ): окиснення в газовій фазі (O_2 , H_2O); УЗ-обробка вугільних адсорбентів як спосіб їх активації; обробка плазмою. Сфери застосування вугільних сорбентів (хімічна промисловість, водоочищення, медицина, фармацевтична промисловість, екологізація виробництва).

Розділ 3. Способи дослідження структури каталізаторів.

Тема 3.1 Дослідження структури каталізаторів. Методи визначення макроструктури, площі поверхні, пористості каталізаторів. Об'ємний метод визначення поверхні. Схема установки для визначення поверхні об'ємним методом. Хроматографічний метод визначення поверхні. Адсорбційний метод визначення радіуса пор. Ртутна порометрія. Визначення істинної та уявної щільності адсорбентів-каталізаторів. Ртутна установка для визначення уявної щільності каталізаторів. Визначення механічної міцності адсорбентів-каталізаторів. Методи

дослідження механічних властивостей адсорбентів-каталізаторів в статичних та динамічних умовах.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету, у бібліотеці кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології – <https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=7721> та розміщені на електронному ресурсі ELAKPI – <https://ela.kpi.ua/home>. 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. Металоксидні наноматеріали і нанокомпозити екологічного призначення: монографія / Тетяна Донцова ; Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 296 с. ISBN 978-966-990-019-7 https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1yGQuW_UoPJh9qooaqyJU3FtMIP9fLLfR
2. Сучасні методи синтезу і використання неорганічних матеріалів: підручник для здобувачів вищої освіти рівня PhD спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / уклад. Т. А. Донцова, О. І. Янушевська, С. О. Кириї; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. –2021. – 92 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/44789>
3. Мембранні технології: Керамічні мембрани на основі мінеральної сировини : монографія / уклад. Т. А. Донцова, А. В. Кузьмінчук, О. І. Янушевська, М. І. Літинська, С. О. Кириї; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – 181 с. ISBN 978-966-990-092-0 <https://drive.google.com/file/d/1TUOUb3ahRwEc6ouD3OYXJUQ894H9HL4v/view>
4. Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / І. М. Іваненко, Т. А. Донцова, О. І. Янушевська; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – 108 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/40756>

Додаткова

5. Теоретичні основи, технологія і обладнання адсорбційних процесів. Розділ 1 Промислові адсорбенти, їх властивості і застосування: навчальний посібник для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / І. М. Іваненко ; Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 36 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/29416>

Інформаційні ресурси

Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); код курсу: 4bezinx.

Навчальний контент

5. Методика опанування освітньої компоненти

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з освітньої компоненти проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторних робіт та розглядом питань, що виносяться на самостійну роботу. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
---	--

з/п	
1	<p>Розділ 1. Роль адсорбційних та каталітичних процесів у хімічній технології, особливості структури, фізико-хімічних властивостей та умов використання каталізаторів та адсорбентів, що входять в основу каталізаторів</p> <p>Тема 1.1. Визначення адсорбції. Адсорбент, адсорбтив, адсорбат. Надлишкова або Гіббсівська адсорбція, абсолютна та питома адсорбція. Фізико-хімічні основи та особливості фізичної адсорбції. Фізико-хімічні основи та особливості хімічної адсорбції. Поверхнева енергія рідини $\gamma_{пов}$ та поверхневий натяг σ. Приклади задач. Теорія мономолекулярної адсорбції, рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра. Приклади задач. Характеристики рівняння Генрі та рівняння Фрейндліха. Теорія полімолекулярної адсорбції, рівняння Брунауера-Еммета-Теллера.</p>
2	<p>Продовження Темы 1.1. Визначення поняття – «каталізатор». Функціональні особливості каталізаторів, принцип каталітичної дії. Вимоги, що висуваються до каталізаторів (активність, термічна, хімічна та механічна стійкість). Продуктивність, селективність каталізатора. Температура запалювання каталізатора. Вплив температури на швидкість реакції. Рівняння Арреніуса. Приклади задач.</p>
3	<p>Розділ 2. Способи одержання каталізаторів</p> <p>Тема 2.1 Цеоліти як адсорбенти та основа сучасних каталізаторів.</p> <p>Визначення поняття цеоліти. Цеоліти природні та синтетичні. Структура цеолітів, первинні та вторинні структурні елементи. Номенклатура цеолітів. Молекулярно-ситовий ефект та його значення в адсорбції та каталізі. Термостійкість цеолітів, алюмосилікатним модуль. Пористі властивості цеолітів. Методи синтезу цеолітів. Основні методи модифікування цеолітів: зміна складу в процесі кристалізації; іонний обмін; введення в цеоліт модифікаторів; деалюмінівання цеолітів; одержання водневої форми; нанесення металів на поверхню. Використання цеолітів у адсорбційних процесах та у ролі каталізаторів. Природні матеріали та їх активація (боксит, кізельгур, залізняк, глини – бентоніт, каолініт, монтморилоніт). Виготовлення каталізаторів методом плавлення. Металеві, оксидні, скелетні каталізатори.</p>
4	<p>Тема 2.2 Технології одержання каталізаторів методами осадження з розчинів. Загальні теоретичні положення синтезу каталізаторів з розчинів їх солей. Приготування розчинів солей металів, рН осадження солей металів. Метод прямого осадження, метод зворотного осадження твердої фази з розчинів. Золь-гель метод одержання каталізаторів.</p>
5	<p>Продовження Темы 2.2 Основи гідротермального синтезу. Метод темплатного синтезу. Використання гідротермального та золь-гель методу для приготування наноструктурних каталізаторів. Метод Печіні (цитратний золь-гель синтез). Приготування металоксидних каталізаторів на основі TiO_2, ZrO_2.</p>
6	<p>Тема 2.3 Технологія приготування каталізаторів з газової фази методом CVD, PVD. Технологічні характеристики методу CVD і PVD (тип газу-носія, швидкість потоку, конструкційні особливості печі). Приготування каталізаторів заданої морфології.</p>
7	<p>Продовження Темы 2.3 Синтез вуглецевих нанотрубок (ВНТ) (нанотрубки, фулерени). Каталітичний синтез вуглецевих нанотрубок. Парофазна епітаксія. Клонування ВНТ з контрольованою хіральністю. Перспективи застосування ВНТ.</p>
8	<p>Тема 2.4 Основи ензимної інженерії. Визначення поняття – фермент, як каталізатор. Будова ферментів, принцип дії ферментів. Основні відмінності ферментів від неорганічних каталізаторів. рН-лабільність, термолабільність.</p>
9	<p>Продовження Темы 2.4 Вилучення ферментів зі біологічних систем. Гель-фільтрація, іонообмінна хроматографія, розподільна хроматографія, адсорбційна хроматографія. Розділення білків за різною розчинністю (висолювання, осадження органічними розчинниками). Відділення білків від низькомолекулярних домішок (діаліз). Розділення білків за зарядом і молекулярною масою (електрофорез). Інноваційні застосування ферментів у нанотехнологіях.</p>

10	Продовження Темы 2.4 Основне завдання інженерної ензимології. Приклад застосування ферментів в паперовому виробництві. Приклади інноваційних застосувань ферментативних технологій.
11	Тема 2.5 Специфіка застосування каталізаторів в системах очищення газових та рідких викидів. Фотокаталізатори очищення розчинів від органічних полютантів. Принцип дії фотокаталізаторів. Способи зменшення ширини забороненої зони для підвищення ефективності фотокаталізаторів. Основи створення безвідходних технологій з використанням наноструктурних матеріалів як фотокаталізаторів.
12	Тема 2.6 Вугільні адсорбенти, сировина для їх виробництва (викопне вугілля, торф та торф'яний напівкокс; рослинна та тваринна сировина: рослинні агровідходи, шкарлупа горіхів та кісточки плодів, шкіра, вовна, м'ясо, кров та кістки тварин, риба, морські водорості; синтетичні полімери, гідратцелюлозне волокно, відходи целюлозно-паперової та цукрової промисловості тощо). Вуглепідготовче виробництво, підготовка шихти до коксування. Способи карбонізації карбонвмісної сировини (технологічні параметри, умови), формування високорозвиненої пористої поверхні вуглецевих матеріалів. Активація вугілля (фізична та хімічна активація). Методи обробки вугілля з метою отримання активованого вугілля (АВ): термічна обробка в інертному середовищі (Ar, N ₂); окиснення в рідкій фазі (кисневмісними кислотами).
13	Продовження Темы 2.6 Методи обробки вугілля з метою отримання активованого вугілля (АВ): окиснення в газовій фазі (O ₂ , H ₂ O); УЗ-обробка вугільних адсорбентів як спосіб їх активації; обробка плазмою. Сфери застосування вугільних сорбентів (хімічна промисловість, водоочищення, медицина, фармацевтична промисловість, екологізація виробництва).
14	Розділ 3. Способи дослідження структури каталізаторів. Тема 3.1 Дослідження структури каталізаторів. Методи визначення макроструктури, площі поверхні, пористості каталізаторів. Об'ємний метод визначення поверхні. Схема установки для визначення поверхні об'ємним методом. Хроматографічний метод визначення поверхні. Адсорбційний метод визначення радіуса пор. Ртутна порометрія. Визначення істинної та уявної щільності адсорбентів-каталізаторів. Ртутна установка для визначення уявної щільності каталізаторів. Визначення механічної міцності адсорбентів-каталізаторів. Методи дослідження механічних властивостей адсорбентів-каталізаторів в статичних та динамічних умовах.
15	Захист ДКР, презентації здобувачів вищої освіти
16	Захист ДКР, презентації здобувачів вищої освіти
17	Захист ДКР, презентації здобувачів вищої освіти
18	Модульна контрольна робота (МКР)

Лабораторні заняття

Метою лабораторних занять з освітньої компоненти «Новітні хімічні технології одержання каталізаторів» є закріплення отриманих теоретичних знань; ознайомлення з практичними вміннями реалізації способів синтезу/активації адсорбентів-каталізаторів та дослідження їх характеристик в лабораторних умовах. На лабораторних заняттях студенти мають оволодіти загальною та спеціальною технікою хімічних лабораторних процедур, включаючи вивчення та засвоєння методик фотометричного, дифракційного аналізів та титрувальних методик. Обов'язковим є опанування студентами базових методик розрахунків, необхідних для планування та проведення експерименту.

Протоколи та теоретичний матеріал до кожної лабораторної роботи знаходяться в навчальному посібнику: Адсорбція, адсорбенти та каталізатори на їх основі. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / І. М. Іваненко, Донцова, Т. А., О. І. Янушевська; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – 108 с. <https://ela.kpi.ua/items/5f8775f6-beab-42f3-a4fb-325c18509223>

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
2 (4 години)	Тема 2.6 Вугільні адсорбенти	<p><u>Лабораторна робота. Синтез активного вугілля.</u></p> <p><u>Мета:</u> ознайомитись з теорією синтезу активного вугілля; вивчення на практиці процесів активування, окиснення та азотування вугілля. Провести синтез трьох різних модифікацій одного вихідного активного вугілля в лабораторних умовах</p> <p>Захист роботи у форматі опитування</p>
4 (4 години)	Тема 1.1. Фізико-хімічні основи та особливості фізичної адсорбції.	<p><u>Лабораторна робота. Визначення сумарного об'єму пор та граничного об'єму адсорбційного простору активного вугілля.</u></p> <p><u>Мета:</u> визначити сумарний об'єм пор та граничний об'єм адсорбційного простору активного вугілля</p> <p>Захист роботи у форматі опитування</p>
6 (4 години)	Тема 1.1. Фізико-хімічні основи та особливості фізичної адсорбції.	<p><u>Лабораторна робота. Дослідження об'ємів пор та питомої площі поверхні активного вугілля.</u></p> <p><u>Мета:</u> визначити об'єми мікро-, перехідних та макропор, а також питому площу поверхні зразка активного вугілля</p> <p>Захист роботи у форматі опитування</p>
8 (4 години)	Тема 1.1. Фізико-хімічні основи та особливості фізичної адсорбції.	<p><u>Лабораторна робота. Вивчення властивостей поверхні активного вугілля.</u></p> <p><u>Мета:</u> ознайомитися з основними фізико-хімічними властивостями активного вугілля. Визначити статичну обмінну ємність, функціональний склад поверхні та її рН, а також залежність обмінної ємності вугілля від рН розчину</p> <p>Захист роботи у форматі опитування</p>
10(4 години)	Тема 1.1. Фізико-хімічні основи та особливості фізичної адсорбції.	<p><u>Лабораторна робота. Методи випробовування активного вугілля.</u></p> <p><u>Мета:</u> ознайомитися з основними методами випробовування промислового активного вугілля. Визначити адсорбційну активність зразка вугілля за метиловим оранжевим і йодом, також освітлюючу здатність за метиловим блакитним</p> <p>Захист роботи у форматі опитування</p>
12 (4 години)	Тема 2.2 Золь-гель метод одержання каталізаторів.	<p><u>Лабораторна робота. Одержання γ-Al_2O_3 золь-гель методом. Приготування каталізатора методом просочення.</u></p>

		<i>Мета: отримати $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ методом осадження алюміній гідроксиду з розчину солі алюмінію амоній гідроксидом за контрольованого рН.</i>
		<i>Захист роботи у форматі опитування</i>
14 години)	(4	<i>Тема 2.2 Технології одержання каталізаторів методами осадження з розчинів. Приготування розчинів солей металів, рН осадження солей металів. Метод прямого осадження.</i>
		<i>Лабораторна робота. Одержання змішаного металоксидного каталізатора методом гетерогенного осадження з розчинів солей.</i>
		<i>Мета: провести співосадження гідроксидів металів з розчинів їх солей з контрольованим рН реакційного середовища. Приготувати нанесений каталізатор методом просочення за вологоємністю.</i>
		<i>Захист роботи у форматі опитування</i>
18 години)	(4	<i>Захист лабораторних робіт, підсумкове заняття</i>
		<i>Відпрацювання та захист лабораторних робіт у форматі опитування</i>

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовку до лабораторних робіт, оформлення звітів з лабораторних робіт, виконання ДКР, підготовка до захисту звіту з лабораторних робіт, МКР та до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка лекційних занять	14 годин (14 лекцій)
Підготовка до ДКР	16,5 годин
Підготовка до МКР	4 годин
Підготовка до лабораторних занять	13,5 годин (9 лабораторних занять)
Підготовка до екзамену	30 годин
Всього	78 годин

Політика та контроль

7. Політика навчальної освітньої компоненти

Складові рейтингу студента з освітньої компоненти «Новітні хімічні технології одержання каталізаторів»:

- 1) виконання та захист 7 лабораторних робіт тривалістю впродовж 4 годин кожна;
- 2) написання МКР на позитивну оцінку;
- 3) виконання та захист ДКР із позитивною оцінкою, яка має бути не менше 60 % від зазначеного в РСО;
- 4) відповідь на екзамені на позитивну оцінку.

У звичайному режимі роботи університету лекції, лабораторні роботи проводяться в навчальних аудиторіях факультету. 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. Виконання лабораторних робіт та захист звіту з лабораторного практикуму, написання МКР на позитивну оцінку та виконання і захист ДКР на позитивну оцінку є обов'язковими складовими допуску до екзамену. Для отримання першої календарної атестації здобувачам вищої освіти необхідно виконати щонайменше 2 лабораторних роботи.

Після виконання всіх лабораторних робіт студентом складається заключний звіт з лабораторних робіт, що являє собою письмово оформлені протоколи лабораторних робіт з належними розрахунками, графіками, висновками згідно виданих викладачем завдань.

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, які передбачені РСО, обов'язковими складовими є виконання та захист усіх лабораторних робіт, написання МКР на позитивну оцінку та отримання позитивної оцінки за ДКР, яка має складати не менше 60 % від зазначеного в РСО;

- політика дедлайнів та перескладань: перескладання результатів МКР з метою підвищення оцінки не передбачено. Виключенням може бути випадки, коли виконання МКР було неможливе з поважних причин (рішення приймає комісія, склад якої зазначено вище); для допуску до екзамену крім вчасного написання МКР потрібно захистити звіт з лабораторного практикуму (мають бути виконані і захищені 7 лабораторних робіт) та отримати позитивну оцінку за ДКР;

- за умови використання цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка в телеграм чатах) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту лабораторної роботи допускаються студенти, які підготували протокол, правильно виконали розрахунки, які необхідні для виконання лабораторних робіт.
2. Захист відбувається за графіком лабораторних занять згідно п. 5 (студенти відповідають на запитання викладача), протоколи лабораторних робіт мають бути належним чином оформленими, результати досліджень наведені у вигляді графіків, таблиць та висновків.
3. Після перевірки правильності відповідей студентів на захисті викладачем ним виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.
4. Невиконані лабораторні роботи без поважної причини переносяться на відпрацювання в один день за графіком (згідно п. 5).

Правила призначення заохочувальних балів:

1. За модернізацію лабораторних робіт нараховується від 1 до 3 заохочувальних балів;
2. За активну роботу на лекції нараховується до 0,5 заохочувальних балів (але не більше ніж 6 балів за семестр (10 % від рейтингу в семестрі).

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

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету. <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>, що встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з ОК «Новітні хімічні технології одержання каталізаторів».

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

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

1. Поточний контроль: опитування на лекційних заняттях, захист лабораторних робіт та звіт з лабораторного практикуму, написання МКР, зарахування ДКР (позитивна оцінка, яка має бути не менше 60 % від зазначеного в PCO).
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: екзамен.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

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

1 Робота під час лабораторних робіт:

Максимальна кількість балів на усіх лабораторних заняттях дорівнює: 28 балів. Лабораторна робота оцінюється в три етапи:

- допуск до лабораторної роботи;
- виконання лабораторної роботи;
- захист лабораторної роботи.

Сумарно за лабораторну роботу можливо отримати 4 бали. Кількість лабораторних робіт – 7. Останні заняття на відпрацювання лабораторних робіт (не більше 2х), які не були виконані за графіком (за умови наявності поважних причин) та захист звіту з лабораторного практикуму.

Критерії оцінювання:

Допуск до лабораторної роботи:

1–0,95 бал: наявність протоколу лабораторної роботи з усіма необхідними розділами, безпомилкові відповіді на запитання викладача стосовно мети роботи, фізико-хімічних основ процесу, схеми лабораторної установки, порядку проведення роботи, техніки безпеки під час виконання роботи;

0,94–0,8 балів: наявність протоколу з незначними недоліками, вірні в цілому відповіді на запитання викладача з незначними недоліками;

0,79–0,6 балів: вірні відповіді на запитання після допомоги викладача або неповний протокол, який підлягає доповненню;

0 балів: відповіді на завдання викладача з помилками принципового характеру.

Виконання лабораторної роботи:

1,5–1,1 бали: чітке, самостійне виконання лабораторної роботи, правильні основні та допоміжні розрахунки, отримання правильних результатів, здача лабораторного місця навчально-допоміжному персоналу;

бал: вірне в цілому виконання з незначними недоліками в оформленні, або помилковим виконанням окремих елементів роботи, здача лабораторного місця навчально-допоміжному персоналу;

0,99–0,9 балів: вірне виконання роботи після допомоги викладача або проведення роботи зі значущими помилками, які підлягають виправленню;

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

Захист лабораторної роботи:

1,5–1,1 бали: охайно оформлений протокол лабораторної роботи з чіткими результатами експерименту та висновками, безпомилкові відповіді на контрольні запитання до лабораторної 1,09–1 роботи;

1,09–1 бал: наявність протоколу з незначними недоліками, вірні в цілому відповіді на контрольні запитання з незначними невідповідностями;

0,99–0,9 балів: вірні відповіді на контрольні запитання після навідної допомоги викладача або неповністю оформлений протокол (нечіткі висновки, відсутність деяких розрахунків), який підлягає доповненню;

0 балів: неправильні відповіді на контрольні запитання або неповний протокол, який підлягає доповненню.

2. Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал: 15. Критерії оцінювання МКР:

Виконання МКР передбачає проходження тесту Google Form на 15 питань (правильна відповідь на кожне питання в тесті оцінюється в 1 бал. Якщо всі відповіді на 15 питань тесту правильні, то МКР оцінюється в 15 балів, якщо студент надав не всі правильні відповіді, то оцінювання МКР здійснюється шляхом додавання балів за всі правильні відповіді. На виконання тесту передбачено 1 лекційне заняття, яке заплановано навчальним графіком в кінці семестру, після закінчення терміну часу, що відводиться на виконання МКР надіслати заповнену тест-форму МКР буде неможливо, тобто автоматично МКР буде оцінено в 0 балів.

Написання МКР є обов'язковим видом робіт для отримання допуску до екзамену, переписуванню з метою підвищення оцінки не підлягає і має бути виконана у визначений викладачем час. За умови виникнення у студентів форс-мажорних обставин, які заважатимуть вчасному виконанню МКР – кожний такий випадок розглядатиметься окремо, із залученням відповідних документів, що підтверджують поважні причини невиконання МКР (для прийняття рішення щодо поважності причини та можливості виконання МКР у встановлені викладачем терміни створюється комісія: завідувач кафедри, заступник зав. кафедри з навчально-виховної роботи та лектор курсу).

3. Домашня контрольна робота (ДКР)

Ваговий бал: 17. Критерії оцінювання. ДКР складається з двох частин: теоретичної та розрахункової.

Умови оцінювання теоретичної частини ДКР в 9–7,1 балів:

теоретична частина: пошук сучасних наукових статей (не менше 2-х) за завданням викладача щодо фізико-хімічних основ синтезу/виробництва/застосування/принципів та особливостей функціонування адсорбентів-каталізаторів; детальний опис вище наведених характеристик з використанням ілюстративного матеріалу; аналіз інноваційності/відмінностей запропонованого методу синтезу адсорбентів-каталізаторів порівняно з класичними традиційними методами; виявлення та обґрунтування переваг і недоліків адсорбентів-каталізаторів з точки зору їх ефективності, екологічності тощо; підготовка презентації і доповідь на лекційних заняттях згідно з розкладом (п. 5); вчасне виконання презентації та доповіді на лекційному занятті за розкладом, що надає викладач; правильне оформлення ДКР згідно ДСТУ.

Умови оцінювання теоретичної частини ДКР в 7–6 балів:

теоретична частина: пошук сучасних наукових статей (не менше 1-єї) за завданням викладача щодо фізико-хімічних основ синтезу/виробництва/застосування, а також принципів та особливостей функціонування адсорбентів-каталізаторів; загальний опис з певною деталізацією вище наведених характеристик з використанням ілюстративного матеріалу; вчасне виконання презентації та доповіді на лекційному занятті за розкладом, що надає викладач; правильне оформлення ДКР згідно ДСТУ.

Умови оцінювання теоретичної частини ДКР в 5,9–5,4 бали:

теоретична частина: пошук сучасних наукових статей (не менше 1-єї) за завданням викладача щодо фізико-хімічних основ синтезу/виробництва/застосування, а також принципів та особливостей функціонування адсорбентів-каталізаторів; загальний опис з певною деталізацією вище наведених характеристик з використанням ілюстративного матеріалу; вчасне виконання презентації та доповіді на лекційному занятті за розкладом, що надає викладач, або доповідь презентації у додатковий час, який призначається викладачем у разі виникнення форс-мажорних обставин, які підтверджуються відповідними документами та висновками комісії (п. 8); правильне оформлення ДКР згідно ДСТУ із незначними недоліками.

Умови оцінювання теоретичної частини ДКР в 0 балів:

теоретична частина: здійснення пошуку статей та проведений їх опис є неповним, нелогічним і таким, що не надає уявлення про методи/способи синтезу адсорбентів-каталізаторів; фізико-хімічні основи синтезу/виробництва/застосування, а також принципів та особливостей функціонування адсорбентів-каталізаторів; виявлення переваг і недоліків адсорбентів-каталізаторів проведено поверхнево та без достатнього обґрунтування; оформлення ДКР з суттєвими порушенням та без посилання на використану літературу; невиконання теоретичної частини у цілому, відсутність презентації і доповіді на лекційному занятті за розкладом, що надає викладач.

Умови оцінювання розрахункової частини ДКР в 8–6,5 балів:

розрахункова частина: виконання 2-х завдань без суттєвих помилок, допускається зниження оцінки за неправильне оформлення роботи, відсутність одиниць розмірностей, нелогічне викладання розрахунків та скорочення, які порушують розуміння логіки розрахунків; правильне оформлення ДКР згідно з ДСТУ; вчасне виконання розрахункової частини і надсилання її викладачеві на вказану ним електронну адресу (до 15-го травня 2025 року).

Умови оцінювання розрахункової частини ДКР в 6,4–5,1 балів:

розрахункова частина: виконання 2-х завдань з негрубими (не принциповими) помилками (2 помилки); допускається зниження оцінки за неправильне оформлення роботи, відсутність одиниць розмірностей, нелогічне викладання розрахунків та скорочення, які порушують розуміння логіки розрахунків; правильне оформлення ДКР згідно з ДСТУ; вчасне виконання розрахункової частини і надсилання її викладачеві на вказану ним електронну адресу (до 15-го травня 2025 року).

Умови оцінювання розрахункової частини ДКР в 5,0–4,8 бали:

розрахункова частина: виконання 2-х завдань з грубими (принциповими) помилками (більш ніж 2 помилки); допускається зниження оцінки за неправильне оформлення роботи, відсутність одиниць розмірностей, нелогічне викладання розрахунків та скорочення, які порушують розуміння логіки розрахунків; правильне оформлення ДКР; вчасне виконання розрахункової частини і надсилання її викладачеві на вказану ним електронну адресу (до 15-го травня 2025 року).

Умови оцінювання розрахункової частини ДКР в 0 балів:

розрахункова частина: неправильне виконання 2-х завдань; невчасне виконання розрахункової частини і надсилання викладачеві на вказану ним електронну адресу (після 15-го травня 2025 року, але до останнього дня семестру).

Теоретична та розрахункові частини ДКР мають бути виконані (захищені та надіслані) у встановлені викладачем терміни. Оцінка за ДКР має бути не менше 60 % від зазначеного в РСО. У разі подання ДКР на перевірку після закінчення семестру, студент не буде допущений до семестрового контрольного заходу, оскільки ДКР є обов'язковою складовою допуску (окрім окремих форс-мажорних випадків, що були описані в п. 7). Індивідуальні завдання для ДКР

викладач зобов'язаний видати студентам не пізніше 8-го тижня. Оформлення ДКР виконується відповідно до вимог ДСТУ 3008:2015.

Календарний контроль студентів

Календарний контроль студентів проводиться за значеннями поточного рейтингу студентів на час атестації. Умова задовільного календарного контролю – рейтинг студента 50 % від максимально можливого на час проведення календарного контролю.

Перша атестація (8 тиждень)

Максимально можливий рейтинг – 8 балів. Для отримання «атестовано» студент повинен мати не менше ніж 6 балів.

Друга атестація (14 тиждень)

Максимально можливий рейтинг – 28 балів. Для отримання «атестовано» студент повинен мати не менше ніж 10,5 балів.

Розрахунок шкали рейтингової оцінки з кредитного модуля (RD):

Сума вагових балів контрольних заходів (RC) протягом семестру складає:

$$R'C = \sum rk + \sum rs = 28 + 15 + 17 + \sum rs = 60 \text{ балів} + \sum rs;$$

$$RC = \sum rk = 60 \text{ балів.}$$

Сума заохочувальних балів (rs) не повинна перевищувати, як правило $0,1 \times RC$ (тобто 6,0 бали).

Екзаменаційна складова (RE) шкали дорівнює 40 % від RD, а

$$RE = 0,4 \times RC / (1 - 0,4) = 0,4 \times 60 / (1 - 0,4) = 40 \text{ балів.}$$

Таким чином, рейтингова шкала з освітньої компоненти складає

$$RD = RC + RE = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

Розмір шкали рейтингу $R = 100$ балів.

Розмір стартової шкали $RC = 60$ балів.

Розмір екзаменаційної шкали $RE = 40$ балів.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

Після допуску до екзамену, виконання екзаменаційного завдання передбачає проходження усного екзамену з підготовкою студентами відповідей на питання білету продовж 1,5 години. Білет складається з 2-х теоретичних питань та 1-єї задачі.

Відповідно до «Положення про організацію навчального процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського», необхідними умовами допуску до екзамену є написання МКР на позитивну оцінку, виконання і зарахування всіх лабораторних робіт та звіту з лабораторного практикуму, отримання позитивної оцінки за ДКР (яка має бути не менше 60 % від зазначеного в PCO, тобто 10,2 бали), а також стартовий рейтинг (rc) не менше 60 % від RC, тобто $rc = 0,6 RC = 0,6 \times 60 = 36$ балів.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS – European Credit Transfer System – Європейської кредитно-трансферної та акумулюючої системи – та традиційних) його рейтингова оцінка RD переводиться згідно з таблицею:

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

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР) на позитивну оцінку;

- виконання та зарахування ДКР на позитивну оцінку, яка має бути не менше 60 % від зазначеного в РСО, тобто 10,2 бали;
- відповіді на екзамені.

<i>Виконання і захист лабораторних робіт</i>	<i>МКР</i>	<i>ДКР</i>	<i>Екзамен</i>
28	15	17	40

9. Додаткова інформація з освітньої компоненти

Приклади питань та завдань до екзамену:

1. Наведіть характеристики каталізаторів? Надайте їх визначення, фізичний сенс.
2. Опишіть суть газофазного синтезу? Які типи газофазних методів синтезу Ви знаєте? Чим відрізняються ці типи?
3. Надайте визначення активного центра каталізатора. Які типи активних центрів розрізняють?
4. Розкрийте суть золь-гель методу для приготування каталізаторів? Наведіть приклад.
5. Назвіть основні вимоги до каталізаторів. Які вимоги є найважливішими, чому?
6. Розкрийте суть гідротермального методу для приготування каталізаторів? Наведіть приклад.
7. Надайте визначення селективності, методи її розрахунку. Які типи селективності Ви знаєте?
8. Розкрийте суть методу осадження для приготування каталізаторів? Наведіть приклади.
9. Надайте визначення процесу модифікування. Які типи модифікування Ви знаєте. Що таке промотор?
10. Опишіть суть методу молекулярного нашарування? Наведіть приклади.
11. Наведіть основні характеристики цеолітів, методи їх модифікування. Наведіть приклади.
12. На прикладі вуглецевих фуллеренів та нанотрубок поясніть суть методу PVD. Охарактеризуйте метод парофазної епітаксії та принцип використання каталізаторів для синтезу вуглецевих нанотрубок.
13. Опишіть будову та принцип дії ферментів як каталізаторів. Охарактеризуйте вилучення ферментів зі біологічних систем.
14. Зазначте основні відмінності ферментів від неорганічних каталізаторів. Опишіть способи іммобілізації ферментів.
15. Охарактеризуйте суть темплатного методу для приготування каталізаторів. Наведіть приклади.
16. Охарактеризуйте принципи на яких базується принцип фотокаталітичної реакції і наведіть приклади дії фотокаталізаторів.
17. Надайте визначення ширини забороненої зони напівпровідникових фотокаталізаторів. Поясніть суть модифікування фотокаталізаторів з метою підвищення їх фотокаталітичної активності.
18. Опишіть принцип будови метал-органічні форм, їх синтезу та принцип їх дії як каталізаторів.

Силабус освітньої компоненти:

Складено НПП кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології:
д.т.н., проф. Донцова Т.А.

к.т.н, доц. Янушевська О. І.

к.т.н., ст. викладач Нижник Т. Ю.

Ухвалено кафедрою технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології (протокол № 27 від 24.06.2024 р.).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.06.2024 року).