



НОВІТНІ ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ АДСОРБЕНТІВ-КАТАЛІЗАТОРІВ

Робоча програма освітньої компоненти (Силабус)

Реквізити освітньої компоненти

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 освітньої компоненти	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг освітньої компоненти	<i>5 кредитів ECTS / 150 годин (лекційні заняття – 36 годин, лабораторні заняття – 36 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / ДКР, МКР</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години на тиждень (1 пара), лабораторні заняття 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	Лектори: <i>к.т.н., доцент Янушевська Олена Іванівна, l_rrr@ukr.net.</i> Лабораторні заняття: <i>к.т.н., ст. викл. Нижник Тарас Юрійович, taren8@gmail.com,</i> <i>к.т.н., доц. Янушевська Олена Іванівна, l_rrr@ukr.net.</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance). ОК «Новітні хімічні технології одержання Адсорбентів-каталізаторів» https://classroom.google.com/c/NjU3OTg5NzA2OTE0?cjc=zn4nxgu - код курсу – zn4nxgu</i>

Програма освітньої компоненти

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

Новітні хімічні технології одержання адсорбентів-каталізаторів є важливим етапом формування у студентів базових знань в сфері виробництва адсорбентів та каталізаторів, особливостей їх вибору і застосування в різних промислових галузях, інноваційних шляхів вдосконалення адсорбентів-каталізаторів з використанням сучасних технологій. Освітня компонента спрямована на посилення студентами спеціальних (фахових) компетенцій та навиків синтезу адсорбентів-каталізаторів в лабораторних умовах.

Предмет навчальної дисципліни – основні закономірності вибору адсорбентів-каталізаторів; існуючі та новітні технології/способи виробництва каталізаторів; методи дослідження основних характеристик адсорбентів-каталізаторів; застосування адсорбентів-каталізаторів в різних промислових процесах.

Мета освітньої компоненти - надання здобувачам знань фізико-хімічних основ технологічних процесів отримання адсорбентів та каталізаторів та перспективних технологій їх синтезу.

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні спеціальні (фахові) компетентності: (ЗК01) Здатність генерувати нові ідеї (креативність); (ЗК02) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (ЗК03) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; (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 адсорбентів-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 $W_{пов}$ та поверхневий натяг σ . Теорія мономолекулярної адсорбції, рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра. 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.

Розділ 2. Виробництво адсорбентів

Тема 2.1 Вугільні адсорбенти, сировина для їх виробництва (викопне вугілля, торф та торф'яний напівкокс; рослинна та тваринна сировина: солома, тростинна, рисова та соняшникова шкарлупа, кукурудзяні качани, шкарлупа горіхів та кісточки плодів, шкіра, вовна, м'ясо, кров та кістки тварин, риба, морські водорості; синтетичні полімери, гідратцелюлозне волокно, відходи целюлозно-паперової, гідролізної 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): окиснення в рідкій фазі (кисневмісними кислотами); окиснення в газовій фазі (O_2 , H_2O); обробка плазмою; термічна обробка в інертному середовищі (Ar , N_2). Сфери застосування вугільних сорбентів (хімічна промисловість, водоочищення, медицина, фармацевтична промисловість, екологізація виробництва). Технологічна схема установки синтезу активованих з рослинної сировини (кукурудзяні качани, стебла з листям, листя та рильця сорту цукрової кукурудзи та буряковий жом). УЗ-обробка вугільних адсорбентів як спосіб їх активації.

Тема 2.2 Цеоліти як адсорбенти та основа сучасних каталізаторів.

Визначення поняття цеоліти. Цеоліти природні та синтетичні. Структура цеолітів, первинні та вторинні структурні елементи. Молекулярно-ситовий ефект та його значення в адсорбції та каталізі. Основні типи промислово використовуваних цеолітів. Термостійкість цеолітів, алюмосилікатним модуль. Номенклатура цеолітів. 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.

Розділ 3. Виробництво каталізаторів

Тема 3.1 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 3.2. 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 3.3 Природні матеріали та їх активація (боксит, кізельгур, залізняк, глини – бентоніт, каолініт, монтморилоніт). Виготовлення каталізаторів методом плавлення. Металеві, оксидні, скелетні каталізатори.

Тема 3.4 Основи ензимної інженерії. Визначення поняття – фермент, як каталізатор. Будова ферментів, принцип дії ферментів. Основні відмінності ферментів від

неорганічних каталізаторів. рН-лабільність, термолабільність. Основне завдання інженерної ензимології. Приклад застосування ферментів в паперовому виробництві. 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).

Тема 3.5 Специфіка застосування адсорбентів-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 3.6 Дослідження структури адсорбентів-каталізаторів. Методи визначення макроструктури, площі поверхні, пористості адсорбентів-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 та у бібліотеці кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології та розміщені на електронному ресурсі ELAKPI. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та лабораторних заняттях.

Базова:

1. Хімічна технологія каталізаторів та каталітичних процесів: Курс лекцій з розділу «Кінетика і макрокінетика гетерогенно-каталітичних процесів». Практикум. Розрахункова робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А. Л. Концевой ; Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 183 с.
2. Металоксидні наноматеріали і нанокомпозити екологічного призначення: монографія / Тетяна Донцова ; Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 296 с.
3. 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.

Додаткова

4. 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. Кирій; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,99 Мбайт). 2021. – 92 с.

Інформаційні ресурси

5. 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: zn4nxgu.

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.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<p>Розділ 1. Роль адсорбційних та каталітичних процесів у хімічній технології, особливості структури, фізико-хімічних властивостей та умов використання адсорбентів-каталізаторів</p> <p>Тема 1.1. Визначення адсорбції. Адсорбент, адсорбтив, адсорбат.</p> <p><u>Основні питання:</u> 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. Теорія мономолекулярної адсорбції, рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра. Характеристики рівняння Генрі та рівняння Фрейндліха. Теорія полімолекулярної адсорбції, рівняння Брунауера-Еммета-Теллера.</p>
2	<p>Продовження Темі 1.1. Визначення поняття – «каталізатор».</p> <p><u>Основні питання:</u> Функціональні особливості каталізаторів, принцип каталітичної дії. Вимоги, що висуваються до каталізаторів (активність, термічна, хімічна та механічна стійкість). Продуктивність, селективність каталізатора. Температура запалювання каталізатора.</p>
3	<p>Розділ 2. Виробництво адсорбентів</p> <p>Тема 2.1. Вугільні адсорбенти</p> <p><u>Основні питання:</u> Вугільні адсорбенти, сировина для їх виробництва (викопне вугілля, торф та торф'яний напівкокс; рослинна та тваринна сировина: солома, тростинна, рисова та соняшникова шкарлупа, кукурудзяні качани, шкарлупа горіхів та кісточки плодів, шкіра, вовна, м'ясо, кров та кістки тварин, риба, морські водорості; синтетичні полімери, гідратцелюлозне волокно, відходи целюлозно-паперової, гідролізної та цукрової промисловості тощо).</p>
4	<p>Продовження Темі 2.1. Вуглепідготовче виробництво, підготовка шихти до коксування. <u>Основні питання:</u> 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): окиснення в рідкій фазі (кисневмісними кислотами); окиснення в газовій фазі (O_2, H_2O); обробка плазмою; термічна обробка в інертному середовищі (Ar, N_2).</p>
5	<p>Продовження Темі 2.1. Сфери застосування вугільних сорбентів (хімічна промисловість, водоочищення, медицина, фармацевтична промисловість, екологізація виробництва). <u>Основні питання:</u> Технологічна схема установки синтезу активованих з рослинної сировини (кукурудзяні качани, стебла з листям, листя та рильця сорту цукрової кукурудзи та буряковий жом). УЗ-обробка вугільних адсорбентів як спосіб їх активації.</p>

6	<p>Тема 2.2 Цеоліти як адсорбенти та основа сучасних каталізаторів.</p> <p><u>Основні питання:</u> Визначення поняття цеоліти. Цеоліти природні та синтетичні. Структура цеолітів, первинні та вторинні структурні елементи. Молекулярно-ситовий ефект та його значення в адсорбції та каталізі. Основні типи промислово використовуваних цеолітів. Термостійкість цеолітів, алюмосилікатним модуль. Номенклатура цеолітів.</p>
7	<p>Продовження Темы 2.2. Пористі властивості цеолітів. Методи синтезу цеолітів.</p> <p><u>Основні питання:</u> 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.</p>
8	<p>Розділ 3. Виробництво каталізаторів</p> <p>Тема 3.1 Технології одержання каталізаторів методами осадження з розчинів.</p> <p><u>Основні питання:</u> 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.</p>
9	<p>Продовження Темы 3.1. Метод темплатного синтезу.</p> <p><u>Основні питання:</u> 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>
10	<p>Тема 3.2. Технологія приготування каталізаторів з газової фази методом CVD, PVD.</p> <p><u>Основні питання:</u> Технологічні характеристики методу CVD і PVD (тип газу-носія, швидкість потоку, конструкційні особливості печі). Приготування каталізаторів заданої морфології.</p>
11	<p>Продовження Темы 3.2. Синтез вуглецевих нанотрубок (ВНТ) (нанотрубки, фулерени).</p> <p><u>Основні питання:</u> Каталітичний синтез вуглецевих нанотрубок. Парофазна епітаксія. Клонування ВНТ з контрольованою хіральністю. Перспективи застосування ВНТ.</p>
12	<p>Тема 3.3 Природні матеріали та їх активація</p> <p><u>Основні питання:</u> Природні матеріали та їх активація (боксит, кізельгур, залізняк, глини – бентоніт, каолініт, монтморилоніт). Виготовлення каталізаторів методом плавлення. Металеві, оксидні, скелетні каталізатори.</p>
13	<p>Тема 3.4. Основи ензимної інженерії. Визначення поняття – фермент, як каталізатор.</p> <p><u>Основні питання:</u> Будова ферментів, принцип дії ферментів. Основні відмінності ферментів від неорганічних каталізаторів. рН-лабільність, термолабільність. Основне завдання інженерної ензимології. Приклад застосування ферментів в паперовому виробництві.</p>
14	<p>Продовження Темы 3.4. Вилучення ферментів зі біологічних систем.</p> <p><u>Основні питання:</u> 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).</p>
15	<p>Тема 3.5. Специфіка застосування адсорбентів-каталізаторів в системах очищення газових та рідких викидів.</p>

	<u>Основні питання:</u> Фотокаталізатори очищення розчинів від органічних поллютантів. Принцип дії фотокаталізаторів. Способи зменшення ширини забороненої зони для підвищення ефективності фотокаталізаторів. Основи створення безвідходних технологій з використанням наноструктурних матеріалів як фотокаталізаторів.
16	Тема 3.6. Дослідження структури адсорбентів-каталізаторів. <u>Основні питання:</u> Методи визначення макроструктури, площі поверхні, пористості адсорбентів-каталізаторів. Об'ємний метод визначення поверхні. Схема установки для визначення поверхні об'ємним методом. Хроматографічний метод визначення поверхні. Адсорбційний метод визначення радіуса пор.
17	Продовження Темы 3.6. Ртутна порометрія. <u>Основні питання:</u> 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.
18	Модульна контрольна робота (МКР)

Лабораторні заняття

Метою лабораторних занять з освітньої компоненти «Новітні хімічні технології одержання адсорбентів-каталізаторів» є закріплення отриманих теоретичних знань на лабораторних роботах; 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, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,59 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 108 с. <https://ela.kpi.ua/items/5f8775f6-beab-42f3-a4fb-325c18509223>

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1 (4 години)	Розділ 2. Виробництво адсорбентів Синтез активного вугілля	<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 Захист роботи
3 (4 години)	Розділ 2. Виробництво адсорбентів Визначення сумарного об'єму пор та	<u>Мета:</u> визначити сумарний об'єм пор та граничний об'єм адсорбційного простору активного вугілля

	граничного об'єму адсорбційного простору активного вугілля	Захист роботи
5 (4 години)	Розділ 2. Виробництво адсорбентів Дослідження об'ємів пор та питомої площі поверхні активного вугілля	<u>Мета:</u> визначити об'єми мікро-, перехідних та макропор, а також питому площу поверхні зразка активного вугілля Захист роботи
7 (4 години)	Розділ 2. Виробництво адсорбентів Вивчення властивостей поверхні активного вугілля	<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 Захист роботи
9 (4 години)	Розділ 2. Виробництво адсорбентів Методи випробовування активного вугілля	<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 Захист роботи
11 (4 години)	Розділ 3. Виробництво каталізаторів Одержання γ - Al_2O_3 золь-гель методом. Приготування каталізатора методом просочення	<u>Мета:</u> провести співосадження гідроксидів металів з розчинів їх солей з контрольованим рН реакційного середовища. Приготувати нанесений каталізатор методом просочення за вологоємністю Захист роботи
13 (4 години)	Розділ 3. Виробництво каталізаторів Одержання змішаного металоксидного каталізатора методом гетерогенного осаження з розчинів солей	<u>Мета:</u> отримати γ - Al_2O_3 методом осаження алюміній гідроксиду з розчину солі алюмінію амоній гідроксидом за контрольованого рН. Захист роботи
15 (4 години)	Захист лабораторних робіт	Відпрацювання та захист лабораторних робіт
17 (4 години)	Підсумкове заняття	Захист лабораторних робіт. Підведення підсумків.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, підготовку до лабораторних робіт, оформлення протоколів з лабораторних робіт, виконання ДКР, підготовка до захисту лабораторних робіт, МКР та 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, підготовка до лабораторних робіт, оформлення протоколів та висновків до лабораторних робіт	34 годин

Підготовка до МКР	4 години
Виконання ДКР	10 годин
Підготовка до екзамену	30 годин
Всього	78 годин

7. Модульна контрольна робота (МКР)

Виконання МКР передбачає проходження тесту у вигляді Google Form на 20 питань. 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'язковою для отримання допуску до екзамену, переписуванню не підлягає і має бути виконана у визначений викладачем час.

Політика та контроль

8. Політика навчальної освітньої компоненти

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

- 1) виконання та захист 7 лабораторних робіт тривалістю впродовж 4 годин кожна;
- 2) написання МКР;
- 3) виконання ДКР;
- 4) відповідь на екзамені.

У звичайному режимі роботи університету лекції та лабораторні роботи проводяться в навчальних аудиторіях факультету. У змішаному режимі лекційні 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 їх захист, написання МКР та виконання ДКР є обов'язковою складовою допуску до екзамену. Для отримання першої календарної атестації здобувачам вищої освіти необхідно виконати щонайменше 2 лабораторні 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 та отримання позитивної оцінки за ДКР, яка має складати не менше 60 % від зазначеного в РСО;

- політика дедлайнів та перескладань: перескладання результатів МКР не передбачено; для допуску до екзамену крім вчасного написання МКР потрібно захистити звіт з лабораторних робіт (мають бути виконані і захищені 7 лабораторних робіт) та отримати позитивну оцінку за ДКР;

- при використанні 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, і належним чином оформили результати досліджень.
2. Захист відбувається за графіком згідно п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання викладачем на захист 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 5 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 адсорбентів-каталізаторів».

9. 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, 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 50 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 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;

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

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

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

0,6 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 бали: охайно оформлений протокол лабораторної роботи з чіткими результатами експерименту та висновками, безпомилкові відповіді на контрольні запитання до лабораторної роботи;

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

0,6 балів: вірні відповіді на контрольні запитання після наведеної 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: 10. Критерії оцінювання МКР:

Виконання МКР передбачає проходження тесту Google Form на 20 питань (правильна відповідь на кожне питання в тесті оцінюється максимально в 0,5 бала. Якщо всі відповіді на 20 питань тесту правильні, то МКР оцінюється в 10 балів, якщо студент надав не всі правильні відповіді, то оцінювання МКР здійснюється шляхом додавання балів за всі правильні відповіді.

На виконання тесту передбачено останнє лекційне заняття, після цього часу надіслати заповнену форму тесту буде неможливо, тобто автоматично МКР буде оцінено в 0 балів.

Написання МКР є обов'язковим видом робіт для отримання допуску до екзамену, переписуванню не підлягає і має бути виконана у визначений викладачем час.

3. Домашня контрольна робота (ДКР)

Ваговий бал: 12. Критерії оцінювання

11-12 балів: пошук сучасних наукових статей (не менше 3-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; бездоганне оформлення ДКР;

8-10 балів: пошук сучасних наукових статей (не менше 3-х) 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; виявлення та

обґрунтування переваг і недоліків адсорбентів-каталізаторів з точки зору їх ефективності, екологічності тощо; бездоганне оформлення ДКР;

5-7 балів: пошук сучасних наукових статей (не менше 2-х) 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; виявлення та обґрунтування переваг і недоліків адсорбентів-каталізаторів з точки зору їх ефективності, екологічності тощо; бездоганне оформлення ДКР;

0 балів: здійснення пошук статей, проведений 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.

ДКР має бути подана у встановлений термін. При поданні ДКР на перевірку після закінчення семестру, студент не буде допущений до семестрового контрольного заходу, оскільки ДКР є обов'язковою складовою допуску.

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:

$$R'C = \sum rk + \sum rs = 28 + 10 + 12 + \sum rs = 50 \text{ балів} + \sum rs;$$

$$RC = \sum rk = 50 \text{ балів.}$$

Сума заохочувальних балів (rs) не повинна перевищувати, як правило $0,1 \times RC$ (тобто 5,0 бали).

Екзаменаційна складова (RE) шкали дорівнює 50% від RD, а

$$RE = 0,5 \times RC / (1 - 0,5) = 0,5 \times 50 / (1 - 0,5) = 50 \text{ балів.}$$

Таким чином, рейтингова шкала з освітньої компоненти складає

$$RD = RC + RE = 50 + 50 = 100 \text{ балів.}$$

Розмір шкали рейтингу R = 100 балів.

Розмір стартової шкали RC = 50 балів.

Розмір екзаменаційної шкали RE = 50 балів.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

В екзаменаційному білеті передбачено 3 питання, два перші (практичні) кожне з яких оцінюється у 15 балів, а питання 3 (теоретичне) оцінюється у 20 балів, тобто максимальний бал на екзамені:

$$15 + 15 + 20 = 50 \text{ балів}$$

Оцінювання 1го, 2го та 3го питань:

15 (20) балів: повна і безпомилкова відповідь при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, бездоганне обґрунтування цієї відповіді;

14-13 (19-17) балів: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 94%-85% розкриттям питання, відповідь ґрунтується тільки на матеріалах лекцій;

12-11 (16-14) балів: : взагалі вірна але недостатньо повна та обґрунтована відповідь на запитання, з 84% - 75% розкриттям питання;

10 (13) балів: взагалі вірна але недостатньо повна відповідь на запитання зі помилками та зауваженнями принципового характеру, з 74% - 65% розкриттям питання з двома – трьома суттєвими помилками;

9 (12) балів: : взагалі вірна але не повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 64% - 60% розкриттям питання;

0 балів: неповна відповідь з 50 % розкриттям питання; наявність принципових помилок;

Приклади питань 1 та 2:

1. Надайте визначення таким термінам: адсорбція, адсорбент, адсорбтив, адсорбат, Гіббсівська адсорбція, абсолютна та питома адсорбція.

2. Чим відрізняється фізична адсорбція від хімічної?

3. Охарактеризуйте ознаки поверхневої енергії рідини $\gamma_{пов}$ та явище поверхневого натягу σ .

4. Які основні критерії та характеристики теорії мономолекулярної адсорбції і полімолекулярної адсорбції?

5. Наведіть характеристики вугільних адсорбентів, сировину, з якої вони виготовлюється та способи їх одержання.

6. Які основні характеристики каталізаторів? Надайте їх визначення, фізичний сенс.

7. Наведіть основні характеристики каталізаторів, які забезпечують каталітичну реакцію та за допомогою яких можна охарактеризувати каталітичну дію? Надайте їх визначення, тлумачення фізико-хімічної природи їх дії.

8. Назвіть основні вимоги до каталізаторів. Поясніть суть цих вимог, чому вони є важливими для застосування каталізаторів? Які вимоги є найважливішими і чому?

9. Надайте визначення активного центра каталізатора. На що впливає наявність активних центрів в каталізаторі? Які типи активних центрів розрізняють? Які методи використовують для створення нових активних центрів?

10. Надайте визначення селективності, методи її розрахунку. Які типи селективності Ви знаєте?

11. У чому полягає суть газофазного синтезу? Які типи газофазних методів синтезу Ви знаєте (CVD, PVD)? Чим відрізняються ці методи?

12. На прикладі вуглецевих фуллеренів та нанотрубок поясніть суть методу PVD. Охарактеризуйте метод парофазної епітаксії та принцип використання каталізаторів для синтезу вуглецевих нанотрубок.

13. Охарактеризуйте методи плавлення для виробництва каталізаторів.

14. У чому полягає суть золь-гель методу для приготування каталізаторів? Наведіть приклад.

15. Які прекурсори використовують в золь-гель методі? Які переваги золь-гель методу для процесів синтезу наноматеріалів? Які види матеріалів можна виготовляти золь-гель методами? Наведіть приклади таких матеріалів.

16. У чому полягає суть гідротермального методу для приготування каталізаторів? Наведіть приклад гідротермального синтезу.

17. Які є головні можливості гідротермального методу і чим вони відрізняються від можливостей золь-гель методу?

18. У чому полягає суть методу осадження гідроксидів металів з розчину їх солей для приготування каталізаторів? Наведіть приклади.

19. Які методи осадження розрізняють (за принципом осадження, за типом прекурсорів, що використовується)?

20. Що таке «старіння» осаду і у чому полягає суть різних видів старіння? Наведіть правило осадження сполуки з розчинів малорозчинного сильного електроліту.

21. Надайте визначення процесу модифікування. Які типи модифікування Ви знаєте? Що таке протопор?

22. У чому полягає суть методу молекулярного нашарування? Наведіть приклади.

23. Опишіть основні характеристики цеолітів, методи їх модифікування.
24. Опишіть будову та принцип дії ферментів як каталізаторів.
25. Охарактеризуйте методи вилучення ферментів зі біологічних систем (хроматографічні методи, діаліз, електрофорез, методи розділення за розчинністю).
26. Зазначте основні відмінності ферментів від неорганічних каталізаторів. Опишіть способи іммобілізації ферментів.
27. Охарактеризуйте суть темплатного методу для приготування каталізаторів. Наведіть приклади.
28. Охарактеризуйте принципи, на яких базується принцип фотокаталітичної реакції і наведіть приклади дії фотокаталізаторів.
29. Надайте визначення ширини забороненої зони напівпровідникових фотокаталізаторів. Поясніть суть модифікування фотокаталізаторів з метою підвищення їх фотокаталітичної активності.
30. Опишіть принцип будови метал-органічних форм (МОФ), їх синтезу та принцип їх дії як каталізаторів.
31. На що впливає вибір прекурсорів для синтезу МОФ? Наведіть способи отримання метал-органічних форм.
32. Наведіть приклади природних матеріалів, які використовують як каталізатори та способи їх активації.
33. Опишіть основні характеристики цеолітів, їх структури, методи їх модифікування.
34. Поясніть суть: методу іонного обміну в приготуванні модифікованих цеолітів, зміни структурних характеристик під час синтезу, методу отримання водневої форми та методу деалюмінінування цеолітів.
35. Наведіть приклади використання цеолітів як адсорбентів та каталізаторів.
36. Наведіть методи визначення основних характеристик каталізаторів: морфологія, поверхневі характеристики, щільності, пористості, механічних властивостей.

Приклади питання 3:

1. Наведіть основні характеристики каталізаторів, які забезпечують каталітичну реакцію та за допомогою яких можна охарактеризувати каталітичну дію? Надайте їх визначення, фізичний сенс.
2. У чому полягає суть методу молекулярного нашарування? Наведіть приклади.
3. У чому полягає суть газофазного синтезу? Які типи газофазних методів синтезу Ви знаєте? Чим відрізняються ці методи?
4. Опишіть основні характеристики цеолітів, методи їх модифікування. Наведіть приклади.
5. Надайте визначення активного центра каталізатора. На що впливає наявність активних центрів в каталізаторі? Які типи активних центрів розрізняють? Які методи використовують для створення нових активних центрів?
6. На прикладі вуглецевих фуллеренів та нанотрубок поясніть суть методу PVD. Охарактеризуйте метод парофазної епітаксії та принцип використання каталізаторів для синтезу вуглецевих нанотрубок.
7. У чому полягає суть золь-гель методу для приготування каталізаторів? Які прекурсори використовують в цьому методі? Які переваги золь-гель методу для процесів синтезу наноматеріалів? Які види матеріалів можна виготовляти золь-гель методами? Наведіть приклади таких матеріалів.
8. Зазначте основні відмінності ферментів від неорганічних каталізаторів. Опишіть способи іммобілізації ферментів.
9. Назвіть основні вимоги до каталізаторів. Поясніть суть цим вимог, чому вони є важливими для застосування каталізаторів? Які вимоги є найважливішими, чому?
10. Опишіть будову та принцип дії ферментів як каталізаторів. Охарактеризуйте вилучення ферментів зі біологічних систем.

11. Опишіть принцип будови метал-органічні форм, їх синтезу та принцип їх дії як каталізаторів. На що впливає вибір прекурсорів для синтезу МОФ? Наведіть способи отримання метал-органічних форм.
12. Охарактеризуйте суть темплатного методу для приготування каталізаторів. Наведіть приклади.
13. У чому полягає суть гідротермального методу для приготування каталізаторів? Які є головні можливості цього методу і чим вони відрізняються від можливостей золь-гель методу? Наведіть приклад гідротермального синтезу.
14. У чому полягає суть методу осадження для приготування каталізаторів? Які методи осадження розрізняють (за принципом осадження, за типом прекурсорів, що використовується)? Що таке «старіння» осаду і у чому полягає суть різних видів старіння? Наведіть правило осадження сполуки з розчинів малорозчинного сильного електроліту.

Відповідно до «Положення про організацію навчального процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського», необхідними умовами допуску до екзамену є написання МКР, виконання і зарахування всіх лабораторних робіт, отримання позитивної оцінки за ДКР (яка має бути не менше 60% від зазначеного в РСО, тобто 7,2 бали), а також стартовий рейтинг (r_c) не менше 60% від RC , тобто $r_c = 0,6 RC = 0,6 \times 50 = 30$ 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

Силабус освітньої компоненти:

Складено завідувачкою та доцентами кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології:

д.т.н., проф. Донцова Т.А.

к.т.н, доц. Янушевська О. І.

к.х.н., доц. Іваненко І. М.

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).