



[W_V02_PHD_23] СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КАТАЛІТИЧНИХ ХІМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	16 - Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 - Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Всі ОП
Статус дисципліни	Вибіркова (Ф-каталог)
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	Доступно для вибору починаючи з 2-го курсу, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. (Лекц. 36 год, Практ. 18 год, Лаб. 36 год, СРС. 120 год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Патриляк Л. К. , Практ.: Шахновський А. М. , Лаб.: Патриляк Л. К. , СРС.: Патриляк Л. К.
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Викладання здобувачам вищої освіти (з.в.о.) рівня PhD освітньої компоненти «Сучасні тенденції розвитку каталітичних хімічних технологій» обумовлене необхідністю висвітлення

новітніх тенденцій у сучасних технологіях синтезу каталізаторів та використання каталітичних технологій у різних галузях промисловості.

Метою кредитного модулю є формування у з.в.о. компетенцій:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 01);
- Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у хімічній технології та інженерії та дотичних до них міждисциплінарних напрямках хімічної та біоінженерії (ФК 01);
- Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми в сфері хімічних процесів та апаратів, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (ФК 03).

Здобувачі вищої освіти рівня PhD після засвоєння освітньої компоненти «Сучасні тенденції розвитку каталітичних хімічних технологій» мають продемонструвати **знання** в:

- плануванні та виконанні експериментальних та/або теоретичних досліджень з хімічних технологій та інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми. (ПРН 03);
- розумінні загальних принципів та методів хімічних технологій та інженерії, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері хімічних процесів та апаратів та у викладацькій практиці (ПРН 04);
- розумінні загальних принципів та методів хімічного синтезу нанорозмірних та наноструктурованих матеріалів, нових функціональних матеріалів та застосуванні їх в сучасних технологіях та інженерії (ПРН 05).

Зокрема **знання** в:

- сучасних тенденціях прогресу в технологіях синтезу каталізаторів для різних галузей промисловості, в тому числі, наукоємних технологіях;
- традиційних та спеціальних методів одержання каталітичних матеріалів;
- сучасних «зелених» технологіях одержання нових матеріалів та охорони довкілля.

Здобувачі ВО рівня PhD також мають продемонструвати **уміння**:

- проводити систематичний пошук та аналіз сучасної наукових та науково-технічних джерел на високому рівні;
 - вміти підбирати та аргументувати методи та способи технологій одержання та дослідження каталізаторів;
- виконувати наукові дослідження згідно з вимогами техніки безпеки та екологічної безпеки;
 - передбачати можливості виникнення артефактів та сприяти їх запобіганню;
 - розуміти та вибирати належну стратегію одержання цільового продукту з потрібними властивостями;
- сміти аналізувати сучасні тенденції розвитку каталітичних технологій у світі та робити короткострокові аналітичні прогнози.

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

Перелік дисциплін, знань та умінь, володіння якими необхідні з.в.о. рівня PhD для успішного засвоєння освітньої компоненти:

Пререквізити:	
Навчальні дисципліни магістерського рівня	Належні глибокі знання з хімічної технології та інженерії на магістерському рівні.
Філософські засади наукової діяльності	Дотримуватись принципів лідерства та самоорганізації, відповідальності та автономності під час реалізації комплексних наукових проєктів. Знати та дотримуватись основних засад академічної доброчесності у науковій і освітній (педагогічній) діяльності. Зокрема, використовувати для обґрунтування висновків належні докази, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні джерела. Розуміти філософські концепції наукового світогляду, роль науки, пояснювати її вплив на суспільні процеси, вміти формулювати і перевіряти свої нові гіпотези та ідеї.
Іноземна мова для наукової діяльності	Вміння розуміти та аналізувати англomовну наукову літературу професійного спрямування.
Науково-дослідна практика	Знання основоположних принципів/методів хімічних технологій та інженерії, вміння застосувати їх у власних та у комплексних дослідженнях у сфері хімічних процесів та пристроїв та у педагогічній практиці.
Педагогічна практика	Знання основних засад академічної доброчесності у науковій і освітній (педагогічній) діяльності.
Каталіз	Знання та розуміння загальних понять каталізу: активність, селективність каталізатора, вихід цільових продуктів тощо.

Постреквізити:

Наукова складова

Здійснення власного чи частини колективного наукового дослідження з реалізацією на практиці отриманих теоретичних та експериментальних навичок.
Підготовка тез доповідей та виступи на науково-технічних конференціях.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Роль енергетичних ресурсів та каталітичних процесів у житті сучасного суспільства.

Тема 2. Цеоліти як адсорбенти та основа сучасних каталізаторів ряду процесів.

Структура, здатність до модифікування.

Тема 3. Природа активності та кислотності цеолітів

Тема 4. Кислотність твердих тіл.

Тема 5. Сучасні неорганічні матеріали - каталізатори нафтопереробки. Каталізатори та процеси крекінгу й алкілування.

Тема 6. Сучасні каталізатори та процеси ізомеризації, риформінгу, гідрокрекінгу, знесірчення.

Тема 7. Переробка біосировини у речовини-платформи з використанням неорганічних каталізаторів.

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, а також у вільному Інтернет-доступі. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – додаткові. Розділи та теми, з якими з.в.о. має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних заняттях.

Базова

1. Металоксидні наноматеріали і нанокомпозити екологічного призначення : монографія / Т. А. Донцова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 296 с.

Додаткова

1. [Patrylak L.K., Pertko O.P., Yakovenko A.V. et al. Isomerization of linear hexane over acid-modified nanosized nickel-containing natural Ukrainian zeolites. Appl Nanosci 12, 411–425 \(2022\). <https://doi.org/10.1007/s13204-021-01682-1>](#)
2. Dontsova T. A., Nagirnyak S. V., Zhorov V. V., Yasiievych Y. SnO₂ nanostructures: effect of processing parameters on their structural and functional properties. Nanoscale Research

Letters. 2017. Vol. 12. ID 332.

3. Патриляк Л.К. Каталітичний крекінг: практика і теорія, розвиток досліджень в Україні (Огляд). Каталіз та нафтохімія, 2001, № 9-10, с. 14-25.
4. Патриляк Л.К., Іонін В.О. Алкілування ізобутану бутенами (Огляд). Каталіз та нафтохімія, 2007, № 15, с. 26-37.
5. Патриляк Л.К., Іваненко В.В. Особливості дезактивації цеолітних каталізаторів (Огляд). Каталіз та нафтохімія, 2008.- № 16.- С. 16-26.

Інформаційні ресурси

7. Zeolite Database "Atlas of zeolite structures framework types"
(<http://www.iza-structure.org/databases/>).

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з освітньої компоненти здійснюють паралельно з виконанням здобувачами лабораторних робіт та практичних завдань, а також з опрацюванням ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відео-конференцій (Zoom) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на платформі Sikorsky-distance та розсилаються за необхідності додатково. Перед кожною лекцією рекомендується ознайомитись з лекційними матеріалами, а також з матеріалами, що рекомендовані для самостійного вивчення.

№	Дата	Опис заняття
1	1 тиждень	Тема 1. Роль енергетичних ресурсів та каталітичних процесів у житті сучасного суспільства. Енергетичні ресурси в сучасному суспільстві.
2	2 тиждень	Продовження теми 1. Роль каталітичних процесів та «зеленої» хімії у розвитку хімічної промисловості.
3	3 тиждень	Тема 2. Цеоліти як адсорбенти та основа сучасних каталізаторів ряду процесів. Структура природних та синтетичних цеолітів.
4	4 тиждень	Продовження теми 2. Здатність до модифікування цеолітів, методи модифікування.
5	5 тиждень	Тема 3. Природа активності та кислотності цеолітів. Формування кислотних центрів Бренстеда та Льюїса. Закономірності іонного обміну.
6	6 тиждень	Продовження теми 3. Методи модифікування цеолітів
7	7 тиждень	Тема 4. Кислотність твердих тіл. Види кислотних центрів.
8	8 тиждень	Продовження теми 4. Основні методи дослідження кислотності твердих тіл
9	9 тиждень	Продовження теми 4. Суперкислотність, способи її дослідження та вплив на перебіг каталітичних процесів
10	10 тиждень	Тема 5. Сучасні неорганічні матеріали - каталізatori нафтопереробки. Каталізatori та процес каталітичного крекінгу.

11	11 тиждень	Продовження теми 5. Каталізатори та процеси крекінгу й алкілування.
12	12 тиждень	Продовження теми 5. Деактивація каталізаторів. Способи регенерації активності каталізаторів.
13	13 тиждень	Тема 6. Сучасні каталізатори та процеси ізомеризації, риформінгу, гідрокрекінгу, знесірчення. Процес гідроізомеризації лінійних алканів.
14	14 тиждень	Продовження теми 6. Процес каталітичного риформінгу.
15	15 тиждень	Продовження теми 6. Каталітичне знесірчення. Технологія одержання каталізаторів.
16	16 тиждень	Тема 7. Переробка біосировини у речовини платформи з використанням неорганічних каталізаторів. Перетворення вуглеводів у цінні хімічні продукти
17	17 тиждень	Продовження теми 7. Біопалива: класифікація, способи одержання, властивості
18	18 тиждень	Модульна контрольна робота

Лабораторні роботи

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях, а також одержання практичних навичок за темою освітньої компоненти. Передбачається також самостійна робота з літературними джерелами в ході вивчення освітньої компоненти «Сучасні тенденції розвитку каталітичних хімічних технологій». Для цього на лабораторних заняттях детально приділяється увага не тільки перевірці отриманих теоретичних знань, але й умінню їх застосовувати на практиці.

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи	Години
1	Техніка безпеки при роботі у лабораторії. Визначення фізико-хімічних характеристик твердофазних адсорбентів та каталізаторів	Допуск до роботи в хімічній лабораторії. Визначити насипну масу, міцність гранул, визначити вологоємність (вибір температури підготовки зразка, підбір режиму термообробки, прожарювання зразка, розрахунок вологоємності).	4
2	Модифікування каталізаторів іонним обміном.	Рідкофазний та твердофазний іонний обмін. Вибрати необхідні солі, розрахувати концентрації розчинів, провести іонний обмін, просушування зразка, хімічний аналіз зразка.	6
3	Просочування каталізаторів/адсорбентів	Вибрати та обґрунтувати сіль для просочування, провести попереднє прожарювання зразка, просочування, сушіння	4
4	Термогравіметрія твердих каталізаторів та сорбентів	Теоретичні засади методу ДТА/ТГ, проведення експериментальних досліджень, аналіз одержаних кривих	6
5	ІЧ-спектральні дослідження твердих сорбентів, каталізаторів та продуктів реакції	Теоретичні засади методу, особливості дослідження зразків у різних агрегатних станах, аналіз та розшифрування ІЧ-спектрів неорганічних та органічних матеріалів.	4

6	Використання рентгенофлуорисцентного аналізу	Переваги використання методу, експериментальне дослідження зразків каталізаторів.	4
7	Дослідження кислотності каталізаторів та сорбентів	Визначення кислотності за сорбцією піридину у статичних умовах, з ІЧ або ТГ контролем. Проведення експерименту, обробка даних.	6
8	Залікове заняття	Захист усіх лабораторних робіт. Підведення підсумку. До відома здобувачів доводиться кількість балів, яку вони набрали впродовж семестру.	2

Практичні (семінарські) заняття

Метою практичних занять є опанування та вдосконалення вміння працювати із науковою та науково-технічною інформацією за профілем освітньої компоненти, одержання компетентності аналітичного розгляду широкого кола питань хімічної технології та каталітичних процесів. Практичні заняття спрямовані на набуття та вдосконалення вміння пошуку, систематизації та обробки/аналізу отримуваної інформації з метою одержання необхідних даних, що можуть бути покладені в основу власних досліджень. Серед пропонованих здобувачам завдань є підготовка доповідей, презентацій та рефератів на задану тематику.

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи	Години
1	Тема 1. Сучасний енергетичний стан України в умовах військового стану	Збір інформації, підготовка доповіді з презентацією. Обговорення та аналіз ситуації, можливі шляхи виходу із кризи	2
2.	Тема 2. Новітні тенденції розвитку каталітичних процесів у країнах ЄС та Америки	Збір інформації, підготовка доповіді з презентацією. Обговорення та аналіз ситуації у Європі (Азії) Обговорення та аналіз ситуації у Америці	4
3.	Тема 3. Сучасні тенденції у використанні природних цеолітичних матеріалів у різних галузях	Збір інформації, підготовка доповіді з презентацією. Обґрунтування висновків, формулювання основних напрямків перспективних досліджень	4
4.	Тема 4. Новітні напрямки використання синтетичних цеолітичних та мезопористих матеріалів у різних галузях	Підготовка доповіді з презентацією. Обговорення сучасного стану, аналіз ситуації, формулювання прогнозів на найближчий період	4
5.	Тема 5. Стан та перспективи розвитку «зеленої» хімії та використання біосировини для одержання продукції з високою доданою вартістю	Підготовка доповіді та проведення загальної дискусії щодо етичних/економічних складових питання використання/залучення «екологічних» каталітичних технологій та харчової сировини для одержання продукції з високою доданою вартістю	2

6.	Підсумкове заняття. Визначення рейтингу з.в.о. рівня PhD	Аналіз ступеня виконання практичних/ індивідуальних завдань	2
----	--	--	---

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота з.в.о. впродовж семестру складається із засвоєння лекційного матеріалу, підготовки до лабораторних робіт та їх захисту, підготовки до практичних занять, виконання МКР/ДКР, а також, підготовки до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СР	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу	4 години на тиждень
Підготовка та виконання МКР та ДКР	20 годин
Підготовка до захисту лабораторних робіт	10 годин
Підготовка до екзамену	30 годин

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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

На початку деяких лекцій проводиться опитування за матеріалами попередніх лекцій із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms). Перед початком чергової теми лектор надсилає лекційний матеріал із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості. На початку кожного практичного заняття проводиться опитування за матеріалами попереднього із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms).

Враховується активність здобувачів при обговоренні на практичних заняттях, зокрема, вміння коректно задавати питання доповідачам та вести обґрунтовану дискусію.

Правила захисту лабораторних робіт:

1. До захисту робіт допускаються студенти, які належним чином виконали роботу.
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5.
3. Після перевірки завдання викладачем на захисті виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.

Політика строків здачі 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 доброчесності

та іншими положеннями Кодексу честі університету.

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

Рейтинг з.в.о. з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, рейтинг (впродовж семестру) складається з балів, що здобувач отримує за:

1. виконання всіх лабораторних заняттях;
2. активну участь у дискусіях на практичних заняттях;
3. виконання МКР та ДКР;
4. відповідь на екзамені (письмово).

1. Лабораторні роботи. Ваговий бал - 4. Максимальна кількість балів за усі - 28:

«відмінно», творче розкриття одного з питань, вільне володіння матеріалом - 7-8 балів;

«добре», глибоке розкриття одного з питань дискусії - 5-6 балів;

«задовільно», активна участь на практичному занятті - 4 бали;

«незадовільно» - 0 балів.

2. Практичні заняття. Ваговий бал - 2. Максимальна кількість балів за усі - 10:

3. Модульна контрольна робота. Ваговий бал - 12:

«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) - 9-10 балів;

«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями - 7-8 балів;

«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки - 6 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 6 балів) - 0 балів.

Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 50 балів:

$$RC = r_{\text{лб}} + r_{\text{мкр}} + r_{\text{дкр}} + r_{\text{пр}} = 28 + 10 + 12 = 50 \text{ балів.}$$

Умовою допуску до екзамену є зарахування всіх лабораторних робіт, написання МКР, де кількість рейтингових балів не менше 25.

На екзамені з.в.о. виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання), які оцінюються у 25 балів за кожне.

Система оцінювання завдань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) - 22-25 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) - 18-21 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) - 15-17 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь - 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Розподіл аудиторного часу може коригуватись в залежності від кількості здобувачів вищої освіти рівня PhD, де аудиторні часи лекційних та лабораторних занять перераховуються в індивідуальні та самостійні години.

У випадку неможливості відвідування здобувачем лекцій з об'єктивних причин можливим є зарахування сертифікатів проходження курсів за аналогічною тематикою

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

PCO, Силабус, Підручник, Презентації, Відеоматеріали

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено [Патриляк Л. К.](#); [Шахновський А. М.](#);

Ухвалено кафедрою ТНРВ та ЗХТ (протокол № від)

Погоджено методичною комісією факультету/ІНІ (протокол № від)