

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ
Кафедра фізичної та колоїдної хімії**

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННЦХЕ ДВНЗ «УжНУ»

Василь ЛЕНДЄЛ



28 червня 2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
КАТАЛІЗ РІВНОВАЖНИХ ТА НЕРІВНОВАЖНИХ ПРОЦЕСІВ**


Рівень вищої освіти	другий (магістерський) рівень
Галузь знань	01 Освіта/Педагогіка
Спеціальність	014 Середня освіта
Предметна спеціальність	014.06 Середня освіта (Хімія)
Освітньо-наукова програма	Хімія
Статус дисципліни	Дисципліна за вибором
Мова навчання	Українська

Ужгород 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів» для здобувачів вищої освіти галузі знань **01 Освіта/Педагогіка** спеціальності **014 Середня освіта**, предметної спеціальності **014.06 Середня освіта (Хімія)** освітньо-наукової програми **Хімія**.

Розробник: Голуб Н.П., доцент, кандидат хімічних наук.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри *фізичної та колоїдної хімії* протокол № 14 від 26 червня 2024р.

Завідувач кафедри  Неля ГОЛУБ

Схвалено науково-методичною комісією навчально-наукового інституту хімії та екології протокол № 11 від 28 червня 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Михайло СЛИВКА

©Голуб Н.П. 2024 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2024 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки: 1
Загальна кількість годин – 120	
Кількість модулів – 2	Семестр: 1
Тижневих годин: 2	Лекції:
аудиторних – 42	18
самостійної роботи студента – 78	Практичні (семінарські):
	0
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:
	24
Форма підсумкового контролю: усний	Самостійна робота:
	78

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів» є забезпечення необхідної ґрунтовної та якісної підготовки висококваліфікованих, конкурентоспроможних фахівців зі спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія), які здобувають вищу освіту другого (магістерського) рівня в Навчально-науковому інституті хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет» та володіють необхідними знаннями, практичними вміннями та навичками для успішного виконання завдань майбутньої фахової діяльності. Навчальна дисципліна «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів» є логічним продовженням і більш глибоким вивченням «Фізичної хімії» та циклу хімічних дисциплін, які нерозривно зв'язані з фундаментальними законами фізики і хімії. Знання теоретичних основ зазначеної дисципліни необхідні для розуміння особливостей каталітичних процесів, які відбуваються в рівноважних та нерівноважних умовах та широко використовуються як в різних галузях промисловості, так і відбуваються в природі та в живих організмах, відіграючи особливо важливу роль. Оскільки

хімічні проблеми в промисловості надзвичайно складні, тому вивчення зазначеної навчальної дисципліни дає змогу оволодіти необхідними теоретичними знаннями для їх вирішення. А також відповідними законами та теоріями каталізу, розумінням принципів можливостей фізико-хімічних та кінетичних методів дослідження для розв'язання конкретних промислових проблем в області каталізу, належним засвоєнням інших хімічних дисциплін та одержанням якісної професійної підготовки на сучасному рівні, грамотною постановкою і проведенням фізико-хімічних та кінетичних наукових досліджень гомогенних та гетерогенних каталітичних процесів в різних умовах.

Як фізико-хімічна навчальна дисципліна, «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів» є поглибленим теоретичним фундаментом всієї сучасної хімії, тому знання її законів, сучасних теорій і методів дає змогу встановити ґрунтовний взаємозв'язок і розуміння суті фізичних й хімічних явищ та механізму протікання різних видів каталітичних процесів з використанням теоретичних та експериментальних фізико-хімічних та кінетичних методів, а також сучасних математичних та обчислювальних методів.

При цьому вивчення навчальної дисципліни «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів» і застосування сучасних форм самостійної роботи студента для активізації його пізнавальної та практичної діяльності сприяють інтеграції попередньо набутих знань та умінь і забезпеченню високопрофесійної та якісної підготовки фахівця зі спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія) відповідно до сучасних вимог.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумови вивчення навчальної дисципліни «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів» є відсутні, так як це дисципліна 1 семестру.

Вивчення навчальної дисципліни «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів» базується на загальних компетентностях випускників ОС «Бакалавр», є самостійним компонентом і не пов'язане з попереднім вивченням інших навчальних дисциплін, згідно освітньо-наукової програми «Хімія» з предметною спеціальністю 014.06 Середня освіта (Хімія) підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми «Хімія» за спеціальності 014 Середня освіта, предметної спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія), вивчення дисципліни «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей та опануванню наступних знань та умінь: знати та розуміти наукові концепції й сучасні теорії та методи хімії, вміти застосовувати їх для вирішення нових якісних та кількісних задач з хімії, а також у різних практичних ситуаціях під час професійної діяльності у галузі хімічної освіти.

Водночас засвоєння даної навчальної дисципліни забезпечує здобуття студентами професійних знань, умінь, навичок та інших компетентностей для

розв'язання комплексних наукових проблем щодо особливостей підбору, розробки та одержання оптимальних каталізаторів для різних видів каталітичних процесів при різних умовах, здатності прогнозувати їх структуру, фізико-хімічні та каталітичні властивості, проводити цілеспрямований синтез та аналіз нових каталізаторів із заданими параметрами, здійснювати контроль та аналіз каталітичних промислових процесів сучасних підприємств. А також формує в них здатність і уміння кваліфіковано інтерпретувати експериментально отримані дані наукових досліджень кінетики гомогенних та гетерогенних каталітичних процесів в стаціонарних та нестаціонарних умовах, вивчення фізико-хімічних та каталітичних властивостей синтезованих каталізаторів та співвідносити їх з відповідними теоріями кінетики та каталізу, пропонувати конкретні шляхи вирішення теоретичних і практичних хімічних та освітніх проблем.

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є якість виконання та оформлення лабораторних робіт з курсу, усна відповідь (колоквіум) або есе (письмовий колоквіум), стандартизовані тести (за необхідності), завдання на лабораторному обладнанні, розрахункові роботи та написання модульних контрольних робіт, залік.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: лабораторні роботи (якість виконання, відповіді на контрольні питання).

Форма модульного контролю: модульні контрольні роботи №1 та №2 у електронній системі Moodle.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти за Модуль 1

Поточне оцінювання та самостійна робота		Модульна контрольна робота 1	Сума
T1	T2	50	100
25	25		

T1, T2 – теми;

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти за Модуль 2

Поточне оцінювання та самостійна робота		Модульна контрольна робота 2	Сума
T1	T2	50	100
25	25		

T3, T4 – теми.

**Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни
«Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів»**

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	2	15	2	15
Усний колоквіум або есе (письмовий колоквіум)	2	15	2	15
Самостійна робота студента	2	20	2	20
Модульна контрольна робота	1	50	1	50
Разом	7	100	7	100

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Завданням підсумкового контролю є перевірка розуміння здобувачем освіти програмового матеріалу в цілому, логіки та взаємозв'язків між окремими розділами, здатності творчого використання накопичених знань, уміння сформулювати своє ставлення до певної проблеми навчальної дисципліни.

Кількість балів, яку набрав студент з курсу «**Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів**», визначається сумою балів з відповідних модулів дисципліни. Загальна кількість балів складає 100%. Переведення кількості набраних балів в оцінку здійснюється згідно схеми:

Відсоток від загальної суми балів	Диференційована шкала	Шкала ECTS
90-100	відмінно	A
82-89	добре	B
74-81		C
64-73	задовільно	D
60-63		E
35-59	незадовільно	FX
0-34		F

Залік виставляється автоматично, якщо здобувачем освіти за результатами підсумкового балу було набрано мінімум 60 % від можливих балів і здобувач освіти погоджується із оцінкою. Відповідно, ті здобувачі, хто не набрав 60% балів, але отримав більше 34 % зобов'язані здавати залік. Студенти, які не виконали навчальну програму та отримали 34 % і менше – до заліку не допускаються. Студенти, які не здали і не відпрацювали заняття експериментального циклу (лабораторні роботи), до заліку не допускаються, не залежно від кількості набраних балів за теоретичний цикл (колоквіуми (або

комп'ютерне тестування), самостійну роботу, модульні контрольні роботи). Результати навчання, отримані студентами в результаті неформального навчання (сертифікатні програми, тренінги (стажування), короткотермінові курси, літні школи під керівництвом тренерів, репетиторів та інших фахівців тощо) та інформального навчання (самоорганізоване здобуття певних компетентностей, зокрема, під час повсякденної діяльності, пов'язаної з професійною (самостійне опрацювання тематичних наукових праць), громадською або іншою діяльністю), можуть бути зараховані рейтинговими балами як окремих зріз знань (тема).

Критерії оцінки поточної навчальної діяльності:

- Оцінка «*відмінно*» (90-100 балів, А) - повна і правильна відповідь студента на теоретичні запитання та виконані або не повністю виконані завдання лабораторної роботи.
- Оцінка «*добре*» (89-82 балів, В) - достатня відповідь студента на теоретичні запитання з деякими неточностями, які самостійно виправляє та вірно виконане завдання лабораторної роботи.
- Оцінка «*добре*» (74-81 балів, С) - достатня відповідь студента на теоретичні запитання з деякими неточностями та вірно виконане завдання лабораторної роботи.
- Оцінка «*задовільно*» (64-73 бали, D) - поверхова відповідь студента на теоретичне запитання та виконане завдання лабораторної роботи.
- Оцінка «*задовільно*» (60-63 бали, E) - поверхова відповідь студента на теоретичне запитання та виконане завдання лабораторної роботи без достатніх пояснень.
- Оцінка «*незадовільно*» (35-59 балів, FX) - поверхова відповідь студента на теоретичне запитання.
- Оцінка «*незадовільно*» (0-34 бали, F) - відсутність будь-якої відповіді студента на теоретичне запитання.

Критерії оцінки модульної контрольної роботи:

- Оцінку «*відмінно*» (90-100 балів) одержує студент, який дав не менше 90 % правильних відповідей на стандартизовані тестові завдання, без помилок відповідей на письмові завдання.
- Оцінку «*добре*» (74-89 балів) одержує студент, який дав не менше 74 % правильних відповідей на стандартизовані тестові завдання, припустився окремих незначних помилок у відповідях на письмові завдання.
- Оцінку «*задовільно*» (60-73 бали) одержує студент, який дав не менше 60 % правильних відповідей на стандартизовані тестові завдання, припустився значних помилок у відповідях на письмові завдання.
- Оцінку «*незадовільно*» (0-59 балів) одержує студент, який дав менше 60 % правильних відповідей на стандартизовані тестові завдання, припустився грубих помилок у відповідях на письмові завдання або не надав відповіді на поставлені перед ним письмові завдання.

Критерії оцінки підсумкового модуля (залік):

- Оцінку *«відмінно»* (90-100 балів, А) заслуговує студент, який: всебічно, систематично і глибоко володіє навчально-програмовим матеріалом; вміє самостійно виконувати завдання, передбачені програмою, використовує набуті знання і вміння у нестандартних ситуаціях; засвоїв основну і ознайомлений з додатковою літературою, яка рекомендована програмою; засвоїв взаємозв'язок основних понять дисципліни та усвідомлює їх значення для професії, яку він набуває; вільно висловлює власні думки, самостійно оцінює різноманітні життєві явища і факти, виявляючи особистісну позицію; самостійно визначає окремі цілі власної навчальної діяльності, виявив творчі здібності і використовує їх при вивченні навчально-програмового матеріалу.
- Оцінку *«добре»* (82-89 балів, В) заслуговує студент, який: повністю опанував і вільно (самостійно) володіє навчально-програмовим матеріалом, в тому числі застосовує його на практиці, має системні знання в достатньому обсязі відповідно до навчально-програмового матеріалу, аргументовано використовує їх у різних ситуаціях; має здатність до самостійного пошуку інформації, а також до аналізу, постановки і розв'язування проблем професійного спрямування; під час відповіді допустив деякі неточності, які самостійно виправляє, добирає переконливі аргументи на підтвердження вивченого матеріалу.
- Оцінку *«добре»* (74-81 бал, С) заслуговує студент, який, в загальному, роботу виконав, але при підсумковому контролі робить певну кількість помилок; вміє порівнювати, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача, в цілому самостійно застосовувати на практиці, контролювати власну діяльність; опанував навчально-програмовий матеріал, успішно виконав завдання, передбачені програмою, засвоїв основну літературу, яка рекомендована програмою.
- Оцінку *«задовільно»* (64-73 бали, D) заслуговує студент, який: знає основний навчально-програмовий матеріал в обсязі, необхідному для подальшого навчання і використання його у майбутній професії; виконує завдання непогано, але зі значною кількістю помилок; ознайомлений з основною літературою, яка рекомендована програмою; допускає на заняттях чи екзамені помилки при виконанні завдань, але під керівництвом викладача знаходить шляхи їх усунення.
- Оцінку *«задовільно»* (60-63 балів, E) заслуговує студент, який: володіє основним навчально-програмовим матеріалом в обсязі, необхідному для подальшого навчання і використання його у майбутній професії, а виконання завдань задовольняє мінімальні критерії. Знання мають репродуктивний характер.
- Оцінка *«незадовільно»* (35-59 балів, FX) виставляється студенту, який: виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.
- Оцінка *«незадовільно»* (0-34 балів, F) виставляється студенту, який володіє навчальним матеріалом тільки на рівні елементарного розпізнавання і

відтворення окремих фактів або не володіє зовсім; допускає грубі помилки при виконанні завдань, передбачених програмою; не може продовжувати навчання і не готовий до професійної діяльності після закінчення університету без повторного вивчення даної дисципліни.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. КАТАЛІЗ І КАТАЛІЗАТОРИ. ГОМОГЕННИЙ КАТАЛІЗ РІВНОВАЖНИХ ТА НЕРІВНОВАЖНИХ ПРОЦЕСІВ

Змістовий модуль №1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КАТАЛІЗ ТА КАТАЛІЗАТОРИ

Тема 1. Загальні відомості про каталіз та каталізатори рівноважних та нерівноважних процесів.

Історія відкриття каталізу та перспективи розвитку. Загальні положення і закономірності каталізу. Каталіз і каталізатори. Енергетична вигідність каталізу. Діаграма каталітичної реакції. Проміжні сполуки. Досягнення вітчизняних вчених в області каталізу. Основні напрямки науково-дослідної роботи та здобутки кафедри фізичної та колоїдної хімії ДВНЗ «УжНУ» в області каталізу. Сучасні підходи щодо планування та організації наукових досліджень в області каталізу.

Тема 2. Види каталізу, особливості, практичне застосування.

Види каталізу та каталізаторів. Характерні особливості каталітичних реакцій. Специфічність дії каталізатору. Практичне застосування каталізу та каталізаторів.

Змістовий модуль №2. ГОМОГЕННІ КАТАЛІТИЧНІ ПРОЦЕСИ

Тема 3. Гомогенні каталітичні процеси.

Загальні відомості про гомогенний каталіз, приклади. Кінетика гомогенного каталізу. Основні кінетичні теорії гомогенного каталізу.

Тема 4. Види гомогенних каталітичних процесів, їх характеристика.

Види гомогенних каталітичних процесів. Автокаталіз. Кислотно-основний каталіз. Специфічний кислотно-основний каталіз. Гомогенно-каталітичні реакції, які каталізуються комплексними сполуками. Ферментативний каталіз.

Модуль 2. ГЕТЕРОГЕННИЙ КАТАЛІЗ РІВНОВАЖНИХ ТА НЕРІВНОВАЖНИХ ПРОЦЕСІВ

Змістовий модуль №3. ГЕТЕРОГЕННІ КАТАЛІТИЧНІ ПРОЦЕСИ

Тема 5. Гетерогенні каталітичні процеси.

Загальні відомості про гетерогенний каталіз. Гетерогенні каталітичні процеси. Приклади гетерогенних каталізаторів та процесів. Найбільш важливі промислові гетерогенні процеси. Роль гетерогенних каталітичних процесів в розвитку сучасної хімії органічного синтезу. Кінетика гетерогенного каталізу. Кінетична та дифузійна області гетерогенно-каталітичних процесів. Вплив зовнішньо-

дифузійного гальмування на селективність каталітичних реакцій. Основні кінетичні теорії гетерогенного каталізу. Теорія активних центрів. Експериментальні методи дослідження кінетики гетерогенних каталітичних реакцій. Дозування газів та проведення аналізу складу газових сумішей. Виведення реагентів із зони реакції. Метод гартування. Інтегральні методи для газофазових реакцій. Безградієнтні реактори і установки для газофазових реакцій. Імпульсні реактори. Їх особливості та області застосування. Напівпромислові реактори.

Тема 6. Характеристики та особливості гетерогенних каталізаторів для різних процесів.

Основні характеристики гетерогенних каталізаторів. Специфічні особливості гетерогенного каталізу та фактори, що впливають на нього. Мікрогетерогенні каталітичні процеси. Носії в каталізі. Промотори. Модифіковане промотування. Інгібітори і отрути в каталізі.

Тема 7. Стадії гетерогенного каталітичного процесу.

Механізми гетерогенно-каталітичних реакцій. Послідовні і паралельні стадії в складних хімічних реакціях. Послідовно-паралельні гетерогенно-каталітичні реакції. Основні стадії гетерогенного каталітичного процесу. Характеристика видів взаємодії молекул реагуючих речовин (адсорбату) з поверхнею гетерогенного каталізатора (адсорбента). Активація в гетерогенному каталітичному процесі. Адсорбція в каталітичному процесі. Рівняння Ленгмюра та його аналіз. Фактори, які впливають на збільшення швидкості гетерогенно-каталітичних процесів та каталітичної активності каталізатора.

Змістовий модуль №4. ТЕОРІЇ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛІЗУ

Тема 8. Основні теорії гетерогенного каталізу.

Загальна характеристика розробки теорії гетерогенного каталізу. Геометричний фактор каталізу. Енергетичний фактор каталізу. Адсорбційно-деформаційна теорія гетерогенного каталізу. Мультиплетна теорія каталізу Баландіна. Теорія гетерогенного каталізу Тейлора. Теорія активних ансамблів Кобозєва. Теорія насичення або спікання Рогінського. Теорія гетерогенного каталізу Борєскова, поняття активності. Електронна теорія каталізу Волькенштейна. Радикально-ланцюгова теорія каталізу Семенова. Нові сучасні теорії гетерогенного каталізу.

Тема 9. Особливості підбору, розробки та синтезу нових каталізаторів.

Каталізатори, їх класифікація та основні параметри. Кислотно-основний каталіз на твердій поверхні. Види кислотних та основних активних центрів каталізаторів. Методи визначення та ідентифікації природи кислотних центрів на поверхні каталізаторів. Застосування кислотно-основних каталізаторів в реакціях перетворення n-алканів. Характерні особливості підбору та розробки каталізаторів для різних процесів. Методи одержання каталізаторів. Особливості підбору, розробки та синтезу нових каталізаторів із заданими прогнозованими властивостями.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин: 120					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	Індивідуаль-на робота	самостійна робота
Модуль 1. Каталіз і каталізатори. Гомогенний каталіз рівноважних та нерівноважних процесів						
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про каталіз та каталізатори						
Тема 1. Загальні відомості про каталіз та каталізатори рівноважних та нерівноважних процесів.	11	2				9
Тема 2. Види каталізу та їх особливості. Практичне застосування.	16	2		6		8
Разом за змістовим модулем 1	27	4		6		17
Змістовий модуль 2. Гомогенні каталітичні процеси						
Тема 3. Гомогенні каталітичні процеси.	10	2				8
Тема 4. Види гомогенних каталітичних процесів, їх характеристика.	16	2		6		8
Разом за змістовим модулем 2	26	4		6		16
Модульна контрольна робота 1						
Разом за Модуль 1						
	53	8		12		33
Модуль 2. Гетерогенний каталіз рівноважних та нерівноважних процесів						
Змістовий модуль 3. Гетерогенні каталітичні процеси						
Тема 5. Гетерогенні каталітичні процеси.	11	2				9
Тема 6. Характеристики та особливості гетерогенних каталізаторів для різних процесів.	11	2				9
Тема 7. Стадії гетерогенного каталітичного процесу.	17	2		6		9
Разом за змістовим модулем 3	39	6		6		27
Змістовий модуль 4. Теорії гетерогенного каталізу						
Тема 8. Теорії гетерогенного каталізу.	17	2		6		9
Тема 9. Особливості підбору, розробки та синтезу нових каталізаторів.	11	2				9
Разом за змістовим модулем 4	28	4		6		18
Модульна контрольна робота 2						
Разом за Модуль 2						
	67	10		12		45
Разом за підсумковий модуль						
	120	18		24		78

6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Загальні відомості про каталіз та каталізатори	6
2.	Гомогенні каталітичні процеси	6
3.	Гетерогенні каталітичні процеси	6
4.	Теорії гетерогенного каталізу	6
Разом		24

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Досягнення українських вчених в області каталізу.	9
2.	Некаталітичне перетворення вуглеводнів та оксиду карбону (II) CO	8
3.	Гомогенне каталітичне перетворення вуглеводнів.	8
4.	Гомогенне каталітичне перетворення монооксиду карбону.	8
5.	Каталітичне перетворення вуглеводнів та CO на чистих металах та їх сплавах	9
6.	Каталітичне перетворення вуглеводнів та CO на простих оксидах металів	9
7.	Каталітичне перетворення вуглеводнів та CO на складних оксидних каталізаторах	9
8.	Каталітичне перетворення вуглеводнів та CO на алюмосилікатних та цеолітних каталізаторах.	9
9	Внесок та досягнення вітчизняних вчених в розвиток сучасних теорій гетерогенного каталізу.	9
Разом		78

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Для належного забезпечення освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів» використовуються аудиторії та лабораторії Навчально-наукового інституту хімії та екології як окремого корпусу структурного підрозділу ДВНЗ «Ужгородський національний університет». Наявні лекційні аудиторії, що обладнані мультимедійним обладнанням, комп'ютерний клас, спеціалізовані навчальні та науково-дослідні лабораторії, зокрема, й кафедри фізичної та колоїдної хімії, які теж забезпечені

комп'ютерною технікою з необхідним програмним забезпеченням для інформаційного пошуку та обробки даних. В корпусі ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ» забезпечено необмежений відкритий доступ до Інтернет-мережі. Для забезпечення освітнього процесу залучаються прилади Центру колективного користування науковим обладнанням «Лабораторія експериментальної та прикладної фізики».

Водночас використовуються реактиви та матеріали, згідно плану лабораторних робіт з навчальної дисципліни.

Технічні засоби: персональний комп'ютер LG – 4 шт., персональний комп'ютер Samsung, мультимедійний проектор EPSON EB-X-400 – 2 шт., мультимедійний проектор EPSON EB-X05, комп'ютер портативний Lenovo V15 ADA – 3 шт., комп'ютер портативний Samsung RV 518, комп'ютер портативний Acer E5-521, лазерний принтер – 2 шт.

Обладнання: Навчальне та лабораторне обладнання спеціалізованих навчальних та науково-дослідних лабораторій кафедри фізичної та колоїдної хімії, згідно з діючими нормами оснащення: кріостат Termex КРІО-ВТ-01, атомно-адсорбційний спектрометр Aurora Instrument AI 1200, електрична муфельна піч СНО 8,2/1100 И4А, аналітичні терези WA-21 - 2 шт., терези технічні ВКЛТ-160 - 8 шт., терези електронні AVAgo з 2 чашами 0,1-2000 г МНЗ – 2 шт., терези електронні Pocket Scale МН 200 TS-C06 - 4 шт., терези торзійні ВТ-500 – 2 шт., рефрактометр П-161, фотоколориметр КФК-2 – 2 шт., спектрофотометр СФ-46 – 2 шт., рН-метр-іономір ЕКОТЕСТ-120, нефелометр, седиментометр Фігуровського, прилад для визначення кута змочування поверхні, стіл титрувальний, прилад Ребіндера – 4 шт., калориметр Юнкерса – 3 шт., установка для визначення теплоти розчинення та теплоти гідратації солі – 2 шт., каталітична установка для визначення швидкості гомогенних каталітичних реакцій та енергії активації процесів – 3 шт., каталітична установка для визначення швидкості гетерогенних каталітичних реакцій та енергії активації процесів – 3 шт., каталітична установка для визначення швидкості фотохімічних реакцій та енергії активації процесів – 2 шт., установка для дослідження кінетики термічного розкладу речовини (у т.ч. реактор, термостат) – 2 шт., прилад для кріоскопічних вимірювань (у т.ч. холодильник, кріоскоп, термометр Бекмана), реохордний міст Р-4833– 4 шт., звуковий генератор – 2 шт., осцилограф – 2 шт., магазин опорів Р-33 – 4 шт., реохорди – 4 шт., електроди – 10 шт., терези технічні – 8 шт., насос Комовського – 2 шт., сушильна шафа, електроплитки – 8 шт., тощо.

Штативи з пробірками, штативи з мірними пробірками, лабораторні залізні штативи, хімічний посуд та реактиви, гумові груші, наважки та інші.

Програмне забезпечення: Windows 10, програмне забезпечення пакету Microsoft Office для обробки з цифрових даних, Microsoft Power Point, система електронного навчання Moodle (<https://elearn.uzhnu.edu.ua>); Google Meet, Viber, Zoom (безкоштовна версія), Наукова бібліотека ДВНЗ «УжНУ» (м. Ужгород, вул. Університетська, 14), <http://www.lib.uzhnu.edu.ua/>), читальні зали; електронний

репозитарій ДВНЗ «УжНУ» <https://dspace.uzhnu.edu.ua>; доступ до пошукових ресурсів (Reaxys та ін.); сайт МОН України <http://www.mon.gov.ua> тощо.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Гомонай В.І. Фізична та колоїдна хімія: підручник для студ. вищ. навч. заклад. (Затверджено Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України як підручник для студентів вищих навчальних закладів). – Вид. 3-тє.- Вінниця: *Нова Книга*. – 2014. – 496 с.
2. Адсорбція, адсорбенти і каталізатори на їх основі [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / І.М. Іваненко, Т.А. Донцова, Ю.М. Феденко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 6,75 Мбайт). – Київ : *КПІ ім. Ігоря Сікорського*.- 2018. – 232 с.
3. Козьма А.А., Голуб Н.П. Методичні вказівки до лабораторного практикуму зі спецкурсу «Хімічна кінетика» для студентів ОС «Бакалавр» (спеціальність 102 Хімія та спеціальність 014.06 Середня освіта. Хімія). Ужгород: *ПП Роман О.І.*- 2023.- 60 с.
4. Голуб Н.П., Козьма А.А. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з курсу «Фізичної хімії» (Частина 1) для студентів ОС «Бакалавр» (спеціальність 102 Хімія та спеціальність 014.06 Середня освіта. Хімія) Навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород: *ПП Роман О.І.*- 2023.- 108 с.

Допоміжна література

1. Гомонай В.І., Гомонай О.В. Фізична хімія (Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів хімічних спеціальностей вищих навчальних закладів) – Ужгород: *ВАТ «Патент»*- 2005. – 712 с.
2. Гомонай В.І., Гомонай О.В. Фізична хімія. Частина II. Хімічна кінетика. Каталітичні реакції. Фізико-хімія поверхневих явищ. Фото- та радіаційно-хімічні процеси. Електрохімія. Ужгород: *Мистецька лінія*.- 2003. – 479 с.
3. Яцимирський В.К. Фізична хімія рівноважних систем. Підручник для студ. вищ. навч. заклад. - Київ: *Ірпінь, ВТФ «Перун»*.- 1992.- 110 с.
4. Gomonaj V., Toulhoat H. Selective Oxidation of Methane to Formaldehyde Catalyzed by Phosphates: Kinetic Description by Bond Strengths and Specific Total Acidities. *ACS Catal.* 2018, 8, 9, 8263–8272.
5. Kozma A., Golub N., Golub Ye., Sidey V., Solomon A., Kuznietsova A., Herneshii Ya. Thermodynamic and thermochemical properties of $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. *Chemija*, 2023, 34(1), 19–31. DOI: <https://doi.org/10.6001/chemija.2023.34.1.3>
6. Kozma A., Malinina A., Golub E., Rusyn V., Golub N., Dziamko Vit., Dziamko Vik., Malinin O., Solomon A. Thermodynamic, thermochemical and thermophysical properties of HgBr_2 . *Chemija*, 2023, 34(2), 71–82. DOI: <https://doi.org/10.6001/chemija.2023.34.2.1>

7. Kozma A. Semi-empirical methods for determining the heat capacity values for solid inorganic compounds. *Grail of Science*, 2023, (26), 196–198. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.14.04.2023.035>
8. Pyatnitsky Y., Dolgikh L., Senchylo L., Stara L., Strizhak P. A two-step strategy of the selective conversion of ethanol to propene and hydrogen. *Chem.Pap.*, 2021, 75,5773-5779. DOI:10.1007/s11696-021-01758-w.
9. Pyatnitsky YI, Strizhak P E Calculating Equilibrium and Simulating Kinetics of Heterogeneous Catalytic Reactions. 2018, <https://www.free-ebooks.net/ebook/Calculating-Equilibrium-and-Simulating-Kinetics-of-Heterogeneous-Catalytic-Reactions>.
10. Голуб Н.П., Голуб Є.О., Козьма А.А., Кузнєцова А.О., Гурч А.В., Гернешій Я.М. Дослідження кислотних властивостей складного оксидного каталізатора $50\%Cu_3(PO_4)_2 \cdot 50\%Ni_3(PO_4)_2$. // *Наук. вісник УжНУ. Серія Хімія.* – 2022.- Вип. 2 (48). – С.108-115.
11. Голуб Н.П., Голуб Є.О., Козьма А.А., Гурч А.В., Кузнєцова А.О., Бажів І.І., Русанюк Н.В. Диференційно-термічний аналіз складної каталітичної системи $50\%Cu_3(PO_4)_2 \cdot 50\%Ni_3(PO_4)_2$. // *Наук. вісник Ужгородського університету. Серія Хімія.* -2021.- Вип. 2(46). С. 80-85.
12. Голуб Н.П., Голуб Є.О., Козьма А.А., Кузнєцова А.О., Гомонай В.І. Диференційно-термічний аналіз складної каталітичної системи типу $xFePO_4 \cdot yNi_3(PO_4)_2$. // *Наук. вісник Ужгородського університету. Серія Хімія.* - 2020.- Вип. 2(44).- С. 84-88.
13. Strizhak P.E. Heterogeneous Catalysis for Fuel Production // The International conference «Current problems in catalysis» CPC-2023 (Kyiv, Ukraine, September 25-29, 2023): Proceedings.- Kyiv: Akadempriodyka, 2023. - P.27-28.
14. Orlyk S.M. The role of the catalysts' bifunctionality in the multistage processes // The International conference «Current problems in catalysis» CPC-2023 (Kyiv, Ukraine, September 25-29, 2023): Proceedings.- Kyiv: Akadempriodyka, 2023. - P. 41-42.
15. Soloviev S.O. Prospects for the creation of new nanocomposite catalysts for the oxidative conversion of C_1 - C_4 -alkanes and carbon dioxide for the production of hydrogen/syngas and valuable organic compounds // The International conference «Current problems in catalysis» CPC-2023 (Kyiv, Ukraine, September 25-29, 2023): Proceedings.- Kyiv: Akadempriodyka, 2023. - P.30-31.

Періодичні видання та наукові журнали

- Journal of *Catalysis*
- Chemistry & Chemical Technology
- Catalysis Letters
- Catalysis Today
- Теоретична і експериментальна хімія
- Український хімічний журнал
- Хімія і технологія води
- Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Хімія

- Інші наукові вітчизняні та закордонні журнали в області хімічної кінетики, каталізу та адсорбції.
- Наукові статті в галузі хімічної кінетики та каталізу
- Наукові статті в галузі адсорбції
- Матеріали вітчизняних та зарубіжних конференцій по проблемі хімічної кінетики, каталізу та адсорбції.
- Патенти
- Монографії тощо.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Електронний репозитарій Ужгородського національного університету - dspace.uzhnu.edu.ua
2. Служба пошуку наукових статей та матеріалів Google Академія scholar.google.com.ua
3. www.nbu.gov.ua (бібліотека ім.В.І.Вернадського).
4. Система електронного навчання УжНУ - e-learn.uzhnu.edu.ua
5. Journal of Catalysis. (Elsevier, Netherlands).
<https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-catalysis>
6. Molecular Catalysis. (Elsevier, Netherlands)
<https://www.sciencedirect.com/journal/molecular-catalysis>
7. Catalysts. (Office Locations: Basel, Switzerland)
<https://www.mdpi.com/journal/catalysts>