

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



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Навчально-наукового
інституту хімії та екології

(Лендел В.Г.)

«24» серпня 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КАТАЛІЗ В ПРОМИСЛОВOSTІ

Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	102 Хімія
Освітня програма	Хімія
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «**Каталіз в промисловості**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **10 Природничі науки** спеціальності **102 Хімія** освітньо-наукової програми «**Хімія**».

Розробник: Голуб Неля Петрівна, кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри фізичної та колоїдної хімії ДВНЗ «УжНУ»

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізичної та колоїдної хімії ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Протокол №10 від «20» червня 2023 р.

Завідувач кафедри  Голуб Н.П.

Схвалено науково-методичною комісією Навчально-наукового інституту хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Протокол №10 від «26» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Сливка М.В.

© Голуб Н.П., 2023 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2023 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 4	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 120	1-ий	–
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 5	2-ий	–
	Лекції:	
	18 годин	–
	Практичні:	
	–	–
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:	
	24 години	–
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	78 годин	–

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Каталіз в промисловості» є забезпечення необхідної ґрунтовної та якісної підготовки висококваліфікованих, конкурентоспроможних фахівців зі спеціальності 102 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 в промисловості» є логічним продовженням і більш глибоким вивченням «Фізичної хімії», циклу хімічних дисциплін, які нерозривно зв'язані з фундаментальними законами фізики і хімії та навчальної дисципліни «Каталіз рівноважних та нерівноважних процесів».

Як відомо, на сьогодні каталізатори широко використовуються в різних галузях промисловості: хімічній, газо- та нафтопереробній, фармацевтичній, харчовій тощо та відіграють важливу роль в життєдіяльності живих організмів. Тому знання теоретичних основ зазначеної дисципліни є важливими та необхідними для розуміння особливостей протікання каталітичних процесів на різних типах каталізаторів у різних галузях промисловості для великотоннажних та малотоннажних виробництв. Наприклад, для виробництва аміаку, HNO_3 , H_2SO_4 , створення безвідходних технологій для захисту навколишнього середовища, одержання синтетичного палива, високооктанових бензинів при перегонці нафти, лікарських засобів, продуктів та напівпродуктів органічного синтезу: спиртів, альдегідів, карбонових кислот, етерів естерів, олефінів тощо, полімерів, ВМС та інш. Водночас засвоєння теоретичних основ зазначеної дисципліни дають змогу ґрунтовно аналізувати сучасний стан та перспективні напрями розвитку промислового каталізу, розуміти важливі проблеми, які потребують свого ефективного вирішення. А також забезпечити оволодіння студентом основними фундаментальними законами вчення про промисловий каталіз, розуміння принципів можливостей використання каталізаторів для розв'язання конкретних промислових проблем, засвоєння методів одержання й дослідження каталізаторів, а також сучасного стану виробничих процесів із застосуванням нових видів каталізаторів.

Оскільки хімічні проблеми в промисловому виробництві каталізаторів є досить складними, тому вивчення навчальної дисципліни «Каталіз в промисловості» дає змогу оволодіти необхідними теоретичними знаннями та практичними навичками для їх розв'язання. Водночас засвоєння сучасних класифікацій промислових каталізаторів, розуміння суті технологічних процесів промислового їх виробництва, впливу різних технологічних параметрів на швидкість каталітичних процесів дають можливість розробляти нові раціональні методи синтезу ефективних промислових каталізаторів. Основні процеси, етапи та методи виробництва різних типів промислових каталізаторів дають основу для розумінням принципів можливостей розробки нових шляхів та методів їх синтезу для розв'язання конкретних проблем в області промислового каталізу. Це сприяє належному формуванню якісної професійної підготовки

висококваліфікованого фахівця-хіміка на сучасному рівні, грамотною постановкою і проведенням наукових досліджень щодо розробки та синтезу нових промислових каталізаторів з покращеними фізико-хімічними та каталітичними параметрами: активністю та селективністю для різних видів процесу.

Як фізико-хімічна навчальна дисципліна, «Каталіз в промисловості» є поглибленим теоретичним фундаментом промислової хімії, тому засвоєння даної навчальної дисципліни забезпечує оволодіння студентами основних методів приготування промислових каталізаторів, здобуття ними професійних знань, умінь, навичок та інших компетентностей для розв'язання комплексних наукових проблем щодо особливостей підбору, розробки та одержання оптимальних каталізаторів для різних видів виробничих процесів та дає змогу встановлювати їх основні закономірності для розробки теорії прогнозованого підбору каталізаторів. А також прогнозувати їх властивості, проводити синтез та аналіз нових каталізаторів із заданими параметрами, здійснювати аналіз та контроль каталітичних промислових процесів підприємств, інтерпретувати результати наукових досліджень, пропонувати конкретні шляхи вирішення теоретичних та практичних промислових проблем щодо їх одержання та використання в каталітичних процесах.

При цьому навчальна дисципліна «Каталіз в промисловості» сприяє формуванню в студента необхідних експериментальних навичок та вмінь щодо розробки способів приготування різних типів каталізаторів; оцінювати можливість застосування того чи іншого каталізатору для одержання відповідного продукту; володіти методикою і технікою виготовлення каталізатору; володіти математичним апаратом для розрахунків каталітичних параметрів каталізаторів: вибіркості, каталітичної активності, конверсії, продуктивності тощо; прогнозувати в межах яких умов та як саме можна застосувати відповідні промислові каталізатори; оцінювати ефективність тих чи інших каталітичних систем для вирішення практичних завдань.

Водночас вивчення навчальної дисципліни «Каталіз в промисловості» і застосування сучасних форм самостійної роботи студента для активізації його пізнавальної та практичної діяльності сприяють інтеграції попередньо набутих знань і вмінь та забезпеченню високопрофесійної та якісної підготовки фахівця-хіміка зі спеціальності 102 Хімія відповідно до сучасних вимог.

Відповідно до освітньо-наукової програми «Хімія», вивчення навчальної дисципліни «Каталіз в промисловості» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел.

Фахові компетентності (ФК):

ФК 1. Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК 3. Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент;

ФК 4. Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження;

ФК 6. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними;

ФК 9. Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вивчення навчальної дисципліни «Каталіз в промисловості» базується на загальних компетентностях випускників ОС «Бакалавр», є самостійним компонентом і не пов'язане з попереднім вивченням інших (НД), згідно освітньо-наукової програми (ОП) «Хімія» підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми «Хімія», вивчення навчальної дисципліни «Каталіз в промисловості» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	ПРН 1
Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.	ПРН 2
Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.	ПРН 3
Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.	ПРН 4
Знати методологію та організації наукового дослідження.	ПРН 6
Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.	ПРН 9
Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.	ПРН 10
Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.	ПРН 14

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Каталіз в промисловості»:

Шифр ОРН	Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
ОРН 1	Одержання ґрунтовних знань в області промислового каталізу для майбутньої професійної діяльності фахівця-хіміка. Розуміти та знати наукові концепції та сучасні теорії фізичної хімії, які описують гомогенні та гетерогенні каталітичні процеси в промисловості на різних типах каталізаторів для різних виробничих процесів при різних умовах, а також фундаментальні основи суміжних наук: фізики, вищої математики тощо. Вміти кваліфіковано застосовувати одержані знання, сучасні експериментальні фізико-хімічні та кінетичні методи дослідження, набуті практичні навички та вміння для науково обґрунтованого прогнозування, формулювання, оцінювання та розв'язання конкретних практичних завдань в області промислового каталізу у майбутній професійній діяльності хіміка.	ПРН 1
ОРН 2	Формування ґрунтовної теоретичної бази та набуття практичних навичок і вмінь в області промислового каталізу та синтезу нових каталізаторів сучасних виробництв для ефективного здійснення професійної діяльності хіміка, що потребує оновлення та інтеграції його знань. Вміти здійснювати науково грамотний підхід при застосуванні одержаних знань і нести відповідальність за професійний розвиток як висококваліфікованого фахівця-хіміка, а також формування здатності до подальшого професійного навчання з високим рівнем автономності.	ПРН 1
ОРН 3	Знати та глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються промислового каталізу, їх механізмів та стадій, раціонального використання відповідних кінетичних теорій для характеристики каталітичного процесу, методів одержання промислових каталізаторів з оптимальними параметрами для різних видів виробничих процесів, які протікають при різних умовах.	ПРН 2

ОРН 4	Вміти використовувати сучасні фізико-хімічні та кінетичні методи дослідження для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем в області промислового каталізу, що передбачає застосування відповідних теорій каталізу та каталітичних методів, проведення досліджень на різних гомогенних і гетерогенних каталізаторах, встановлення механізму каталітичних процесів, стадій і кінетичних параметрів, а також щодо особливостей підбору, розробки та синтезу нових каталізаторів із заданими прогнозованими властивостями для різних промислових процесів.	ПРН 2
ОРН 5	Вміти кваліфіковано, на основі отриманих теоретичних знань, набутих навичок, умінь, відповідних фізико-хімічних та кінетичних розрахунків розв'язувати та вирішувати нові складні завдання й проблеми в області промислового каталізу; встановлювати та робити об'єктивні, науково обґрунтовані, логічні висновки про механізм і стадії протікання нових досліджуваних гомогенних та гетерогенних каталітичних процесів в залежності від різних умов, визначати відповідні методи синтезу промислових каталізаторів, розуміти особливості, механізм дії та методи одержання ферментів як біологічних каталізаторів, розуміти найбільш ефективно застосування каталізаторів різної природи у хімічній, газо- та нафтопереробній промисловості, створення безвідходних технологій, захисті об'єктів навколишнього середовища тощо, правильно орієнтуватись та користуватись відповідною науковою і довідниковою літературою в практичній діяльності фахівця-хіміка.	ПРН 3
ОРН 6	Вміти застосовувати набуті знання, навички та уміння, основні хімічні теорії і методи хімії для опису хімічних законів і конкретних явищ, синтезу нових промислових каталізаторів як перспективних хімічних сполук із заданими властивостями, вміти аналізувати їх та оцінювати відповідність заданим вимогам; застосовувати їх для розробки, прогнозування, створення та дослідження фізико-хімічних та каталітичних властивостей нових індивідуальних каталізаторів та каталітичних систем, одержаних на їх основі, для різних промислових процесів; проводити зіставлення і встановлення зв'язків між характеристиками хімічних систем, явищами, процесами і механізмами для пояснення відомих та прогнозування нових наукових результатів.	ПРН 4
ОРН 7	Володіти методологією та правильною організацією наукових досліджень гомогенних та гетерогенних каталітичних процесів в стаціонарних та нестаціонарних умовах, під	ПРН 6

	впливом різних факторів, одержання та вивчення фізико-хімічних і каталітичних властивостей нових індивідуальних каталізаторів й складних каталітичних систем в різних каталітичних процесах.	
ОРН 8	Вміти збирати, оцінювати та аналізувати літературні наукові дані, необхідні для дослідження гомогенних та гетерогенних каталітичних процесів в різних умовах, одержання та вивчення фізико-хімічних і каталітичних властивостей нових індивідуальних каталізаторів й складних каталітичних систем в різних промислових процесах, використовуючи відповідні методи та інструменти; вміти володіти дослідницькими навичками щодо використання лабораторного обладнання і приладів для визначення фізико-хімічних і каталітичних параметрів каталізаторів, проведення відповідних експериментальних досліджень.	ПРН 9
ОРН 9	Вміти планувати, організовувати та приймати участь разом із викладачем та науковими співробітниками у проведенні експериментальних досліджень в області промислового каталізу з використанням сучасного обладнання (каталітичних установок для гомогенних та гетерогенних процесів в стаціонарних та нестаціонарних умовах, хроматографів тощо), грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.	ПРН 10
ОРН 10	Вміти адаптуватись та діяти в новій ситуації, застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик синтезу нових промислових каталізаторів, в новітніх промислових технологіях, зразках нової техніки і апаратури.	ПРН 10
ОРН 11	Вміти кваліфіковано інтерпретувати експериментально отримані дані щодо синтезу та дослідження фізико-хімічних та каталітичних властивостей нових синтезованих промислових каталізаторів, кінетики гомогенних та гетерогенних каталітичних процесів в стаціонарних та нестаціонарних умовах на них, та співвідносити їх з відповідними теоріями кінетики та каталізу.	ПРН 14

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 «Каталіз в промисловості» є:

- усна відповідь (колоквиум) або есе (письмовий колоквиум);
- стандартизовані тести (за необхідності);
- завдання на лабораторному обладнанні;
- розрахункові роботи.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Процедура оцінювання знань здобувачів вищої освіти відбувається згідно з відповідними положеннями, що затверджені в ДВНЗ «УжНУ» і здійснюється за накопичувальною бально-рейтинговою системою, що передбачає оцінювання студентів за усі види аудиторної та навчальної діяльності. Поточне оцінювання рівня засвоєння теми здійснюється на лабораторних заняттях. Рейтингова оцінка формується на основі поточних оцінок та результатів виконання модульних контрольних робіт, підсумкова оцінка за дисципліну може дорівнювати рейтинговій або ж встановлюватись за підсумками складання заліку.

Форми контролю:

поточний контроль здійснюється на кожному лабораторному занятті відповідно до конкретних цілей теми, а також під час індивідуальної роботи викладача зі студентом для тих програмних питань, які студент опрацьовує самостійно та вони не входять до структури лабораторного заняття.

Застосовуються види об'єктивного (стандартизованого) контролю теоретичної та практичної підготовки студентів, які включають: усну відповідь (колоквіум) або есе (письмовий колоквіум), тестовий контроль (за необхідності), виконання лабораторного практикуму (та за необхідності розв'язування задач (письмово)).

Поточний контроль під час вивчення навчальної дисципліни проходить в індивідуальній, груповій, фронтальній формі.

Методи поточного контролю: усний, письмовий, тестовий, практичний. Метод **підсумкового контролю** – залік, який проводиться письмово.

Поточний контроль знань та умінь студентів з навчальної дисципліни **«Каталіз в промисловості»** поєднується з проведенням двох модульних контрольних робіт та підсумкового контролю у формі заліку.

Форма **модульного контролю**: здійснюється у письмовій формі.

При визначенні оцінки за модуль враховуються результати модульної контрольної роботи та поточного контролю під час лабораторних занять, колоквіумів, контрольних робіт, самостійної роботи (та за необхідності, індивідуальної роботи). Максимальна оцінка з кожного модульного контролю – 100 балів.

Згідно Положення про систему оцінювання навчальної діяльності, порядок переведення, відрахування та поновлення студентів, які навчаються за кредитно-модульною системою організації навчального процесу в ДВНЗ «УжНУ», навчальна діяльність студента оцінюється наступним чином.

Для лекційно-практичних, лекційно-лабораторних або лекційно-семінарських дисциплін 50% балів оцінки модульного контролю виставляє лектор на підставі результатів перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу дисципліни (теоретичний компонент оцінки). Теоретичний компонент оцінки

складається з сумарних результатів контрольної роботи, рефератів та інших видів індивідуальних завдань.

Кількість балів, яку студент набирає за один модуль, визначається як сума балів за поточну навчальну діяльність та балів модульної контрольної роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (Модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота			Модульна контрольна робота 1	Сума
T1	T2	T3	50	100
17	17	16		

T1, T2, T3 – теми;

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (Модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота		Модульна контрольна робота 2	Сума
T4	T5	50	100
25	25		

T4, T5 – теми.

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни «Каталіз в промисловості»

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)	3	15	2	15
Усний колоквіум або есе (письмовий колоквіум)	3	15	2	15
Самостійна робота студента	3	20	2	20
Модульна контрольна робота	1	50	1	50
Разом		100		100

Максимальна оцінка з підсумкового (семестрового) контролю становить 100 балів. Студенти, підсумкова модульна оцінка яких становить 35-59 балів, зобов'язані пройти підсумковий (семестровий) контроль у формі, передбаченій робочим навчальним планом з даної дисципліни - **заліку**. До підсумкового (семестрового) контролю з даної навчальної дисципліни не допускаються студенти, які не виконали усі види обов'язкових робіт (лабораторних, розрахункових, тестових тощо), передбачених робочою програмою, а також

підсумкова модульна оцінка яких становить менше 35 балів.

Форма проведення **підсумкового контролю** є стандартизованою та включає контроль теоретичної та практичної підготовки, проводиться у вигляді **заліку**.

Максимальна кількість балів модульного підсумкового контролю дорівнює **100 балів**. Кількість балів, яку студент набирає за один модуль, визначається як сума балів за поточну навчальну діяльність (максимум **50 балів**) та балів модульної контрольної роботи (максимум **50 балів**). Модульний підсумковий контроль вважається зарахованим, якщо студент сумарно набрав не менше **60 балів**.

Критерії оцінювання поточної навчальної діяльності

Оцінку *«відмінно»* (90-100 % балів) одержує студент, який брав активну участь в обговоренні найбільш складних питань з теми заняття, дав не менше 90% правильних відповідей на стандартизовані тестові завдання, без помилок відповів на письмові завдання, виконав практичну роботу та виклав її результати у належній формі.

Оцінку *«добре»* (74-89 % балів) одержує студент, який брав участь в обговоренні найбільш складних питань з теми, дав не менше 74% правильних відповідей на стандартизовані тестові завдання, припустився окремих незначних помилок у відповідях на письмові завдання, виконав практичну роботу та виклав її результати у належній формі.

Оцінку *«задовільно»* (60-73 % бали) одержує студент, який брав участь в обговоренні найбільш складних питань з теми, дав не менше 60% правильних відповідей на стандартизовані тестові завдання, припустився значних помилок у відповідях на письмові завдання, виконав практичну роботу та виклав її результати у належній формі.

Оцінку *«незадовільно»* (0-59 % балів) одержує студент, який не брав участь в обговоренні найбільш складних питань з теми, дав менше 60 % правильних відповідей на стандартизовані тестові завдання, припустився грубих помилок у відповідях на письмові завдання або взагалі не дав відповідей на них, не виконав практичну роботу та не виклав її результати у належній формі.

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота складається за підготовленими завданнями (білетами) з варіантами однакового рівня складності. До складання модульної контрольної роботи допускаються усі студенти незалежно від результатів поточного оцінювання та наявності пропущених і невідпрацьованих лабораторних занять. Тривалість виконання усієї модульної контрольної роботи становить 1,5 години. Під час виконання модульної контрольної роботи користуватись будь-якими інформаційними джерелами заборонено. Модульна контрольна робота здійснюється у письмовій формі шляхом відповідей на теоретичні питання (та тестові завдання, за необхідності). Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів.

У модульну контрольну роботу входять: відповіді на теоретичні питання, (за необхідності може містити питання по самостійній роботі, або тести, або розв'язування задач). Наприклад, модульний білет може містити три теоретичні питання та питання по самостійній роботі (або двадцять тестових питань за необхідності). Теоретичні питання потребують розлогої письмової відповіді. (На тестових завданнях до кожного питання пропонується чотири варіанти відповіді, серед яких тільки один є правильним). Розподіл максимально можливих балів здійснюється таким чином: 60% балів студент може здобути правильно відповівши на три теоретичні питання (давши розлогу відповідь на основні визначення, записавши та пояснивши необхідні формули, схематично зарисувавши графічні залежності до певного теоретичного питання) та 40 % балів за розлогу письмову відповідь на питання по самостійній роботі (або відповівши правильно на усі двадцять тестових завдань за необхідності). Із двох академічних годин (традиційної пари тривалістю 90 хвилин) приблизно 60 хвилин виділяється на письмові відповіді на три теоретичні питання та до 30 хвилин на відповідь на питання по самостійній роботі (або на відповіді на тестові завдання за необхідності).

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 оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий рейтинг виводиться як середнє арифметичне двох модулів. Відповідно до Положення про оцінювання навчальних досягнень студентів за кредитно-модульною системою, якщо підсумкова модульна оцінка становить не менше 60 балів, то за згодою студента вона може бути зарахована як підсумкова (семестрова) оцінка з навчальної дисципліни. Студенти, яких не влаштовує підсумкова позитивна оцінка, виставлена викладачем за результатами модульних контролів, а також ті, хто отримав оцінку «незадовільно» і при цьому не мають невідпрацьованих практичних (лабораторних) занять, мають право складати залік з дисципліни. До підсумкового (семестрового) контролю з конкретної дисципліни у вигляді заліку студент денної форми навчання допускається тоді, коли за результатами модульних контролів він набрав не менше 35 % можливих балів. За результатами відповіді на заліку виставляється

оцінка за стобальною шкалою. Незалежно від того, чи студент складає залік у зв'язку з тим, що в нього підсумкова модульна оцінка незадовільна (35-59 балів), чи з метою підвищення позитивної оцінки, викладач виставляє студенту оцінку, керуючись виключно рівнем його знань, виявлених на заліку, тобто, виходячи зі 100 балів, але при цьому виставлена підсумкова (семестрова) оцінка не може бути нижчою за підсумкову модульну оцінку.

Критерії оцінювання модульного та підсумкового семестрового контролю:

- 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, проявив нахил до наукової роботи.
- 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.
- оцінку «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.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		Іспит	Залік
90-100	A	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	Незараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (0-34 бали, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до відомості.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. КАТАЛІЗ В ПРОМИСЛОВОСТІ, СУЧАСНИЙ СТАН ТА НАПРЯМИ РОЗВИТКУ

Змістовий модуль №1. СУТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА КАТАЛІЗАТОРІВ.

Тема 1. Основні характеристики та класифікації каталізаторів. Суть технологічних процесів виробництва каталізаторів.

Загальні поняття каталізу та основні характеристики каталізаторів. Класифікація за типом речовин, які є каталізаторами. Класифікація каталізаторів за рівнем дискретності і селективності дії. Класифікація каталізаторів за специфікою електронної побудови. Класифікація каталізаторів за номенклатурою. Класифікація каталізаторів за агрегатним станом. Класифікація каталізаторів в залежності від технології приготування каталізатора. Суть технологічних процесів промислового виробництва каталізаторів. Вплив технологічних параметрів на швидкість каталітичних процесів. Вплив хімічного складу і структури каталізаторів на їхні каталітичні властивості. Явища отруєння, промотування та модифікування промислових каталізаторів, їх причини і наслідки. Види каталітичних процесів. Стадії каталізу на твердих каталізаторах.

Змістовий модуль №2. ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПІДБОРУ КАТАЛІЗАТОРІВ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ

Тема 2. Основні закономірності підбору каталізаторів для різних промислових процесів.

Основні вимоги до промислових контактних мас (каталізаторів): інтенсивність роботи, температура запалювання (температура спалаху). Основні вимоги до промислових контактних мас (каталізаторів): теплопровідність зерен каталізатора, міцність зерен каталізатора, чутливість каталізатора до дії контактних отрут, зниження собівартості каталізатора. Склад контактних мас (каталізаторів). Промотори. Склад контактних мас (каталізаторів). Носії. Оптимальна пориста структура каталізаторів. Класифікація пористих тіл за формою (геометрією), морфологією. Їх характеристики та розрахункові формули відповідних параметрів.

Змістовий модуль №3. ПРОМИСЛОВИЙ КАТАЛІЗ. ВИРОБНИЦТВО КАТАЛІЗАТОРІВ.

Тема 3. Промисловий каталіз. Основні етапи та особливості виробництва промислових каталізаторів.

Промисловий каталіз. Класифікація каталітичних процесів. Основні типи реакторів. Етапи виробництва контактних мас (каталізаторів). Основні процеси виробництва каталізаторів. Осаджені контактні маси, технологічна схема їх промислового одержання. Виробництво алюмосилікатних каталізаторів, технологічна схема промислового одержання. Переробка нафти з одержанням різних видів палива і сировини для хімічної промисловості на алюмосилікатних каталізаторах.

Модуль 2. ПРОМИСЛОВЕ ВИРОБНИЦТВО КАТАЛІЗАТОРІВ ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ ПРОЦЕСІВ.

Змістовий модуль №4. ПЛАВЛЕНІ КАТАЛІЗАТОРИ. КАТАЛІЗАТОРИ НА ОСНОВІ ПРИРОДНИХ ГЛИН, ЦЕОЛІТІВ, ІОНООБМІННИХ СМОЛ.

Тема 4. Плавлені каталізатори.

Загальні відомості про плавлені каталізатори. Платиновий сітчастий каталізатор окиснення аміаку. Каталізатори очищення промислових газів від оксидів азоту. Скелетні каталізатори.

Тема 5. Промислові каталізатори на основі природних глин, цеолітів та іонообмінних смол.

Природні каталізатори та їх активація. Цеолітні каталізатори. Іонообмінні смоли-іоніти. Загальні положення іонообмінних процесів. Властивості іонітів. Фактори, що впливають на обмінну ємність іонітів. Поліелектроліти.

Тема 6. Сучасні каталізатори та сорбенти промислового виробництва водню і синтез-газу. Особливості застосування селективного каталізу для очищення викидних газів від оксидів азоту.

Сучасні каталізатори та сорбенти промислового виробництва водню і синтез-газу. Особливості застосування селективного каталізу для очищення викидних газів від оксидів Нітрогену. Оксидні, кислотні, сольові промислові каталізатори.

Тема 7. Способи виготовлення та експлуатації цементних каталізаторів.

Цементні каталізатори. Способи виготовлення та експлуатації цементних каталізаторів. Екологічно безпечні виробничі процеси, мало- та безвідходні технології, комплексна переробка відходів, захист навколишнього середовища.

Змістовий модуль №5. РЕГЕНЕРАЦІЯ КАТАЛІЗАТОРІВ ТА СОРБЕНТІВ. ФЕРМЕНТНІ КАТАЛІЗАТОРИ.

Тема 8. Шляхи та способи регенерації промислових каталізаторів та сорбентів. Ферментні промислові каталізатори.

Регенерація активованого вугілля після адсорбції органічних речовин. Регенерація каталізатора АПК-2 в ультразвуковому полі. Вилучення нікелю з відпрацьованих алюмонікелевих каталізаторів. Поняття, хімічна природа та будова ферментів. Механізм дії ферментів. Застосування ферментів. Особливості сучасних методів одержання ферментних промислових каталізаторів. Промислова хімія барвників, ароматизованих речовин, лікарських препаратів і вітамінів.

Тема 9. Сучасні перспективи розвитку технологій синтезу нових каталізаторів та їх промислового виробництва.

Досягнення вітчизняних та зарубіжних вчених-каталітиків щодо розробки та розвитку сучасних технологій синтезу нових каталізаторів та їх промислового виробництва. Роль гетерогенних процесів в розвитку сучасної хімії органічного синтезу. Здобутки кафедри фізичної та колоїдної хімії ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ» в області підбору, розробки та синтезу нових каталізаторів для різних видів промислових процесів. Важливий внесок наукової школи вчених-каталітиків кафедри фізичної та колоїдної хімії ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ» в розробку теорії прогнозованого підбору каталізаторів із заданими прогнозованими властивостями для процесів парціального та глибокого перетворення n-алканів в цінні продукти хімічної, газо-, нафтопереробної промисловостей та захисту навколишнього середовища.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин 120					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна а робота	самостійна робота	
2-й семестр						
Модуль 1. Каталіз в промисловості, сучасний стан та напрями розвитку						
Змістовий модуль 1. Суть технологічних процесів промислового виробництва каталізаторів.						
Тема 1. Основні характеристики та класифікації каталізаторів. Суть технологічних процесів виробництва каталізаторів.	15	2		4		9
Разом за змістовим модулем 1	15	2		4		9
Змістовий модуль 2. Загальні закономірності підбору каталізаторів для промислових процесів.						
Тема 2. Основні закономірності підбору каталізаторів для різних промислових процесів.	15	2		5		8
Разом за змістовим модулем 2	15	2		5		8
Змістовий модуль 3. Промисловий каталіз. Виробництво каталізаторів.						
Тема 3. Промисловий каталіз. Основні етапи та особливості виробництва промислових каталізаторів.	16	2		5		9
Разом за змістовим модулем 3	16	2		5		9
Модульна контрольна робота 1						
Разом за Модуль 1						
	46	6		14		26
Модуль 2. Промислове виробництво каталізаторів для різних видів процесів						
Змістовий модуль 4. Плавлені каталізатори. Каталізатори на основі природних глин, цеолітів та іонообмінних смол.						
Тема 4. Плавлені каталізатори.	10	2				8
Тема 5. Промислові каталізатори на основі природних глин, цеолітів та іонообмінних смол.	11	2				9
Тема 6. Сучасні каталізатори та сорбенти промислового виробництва водню і синтез-газу. Особливості застосування селективного каталізу для очищення викидних газів від оксидів азоту.	16	2		5		9

Тема 7. Способи виготовлення та експлуатації цементних катализаторів.	11	2				9
Разом за змістовим модулем 4	48	8		5		35
Змістовий модуль №5. Регенерація катализаторів та сорбентів.						
Ферментні катализатори.						
Тема 8. Шляхи та способи регенерації промислових катализаторів та сорбентів. Ферментні промислові катализатори.	15	2		5		8
Тема 9. Сучасні перспективи розвитку технологій синтезу нових катализаторів та їх промислового виробництва.	11	2				9
Разом за змістовим модулем 5	26	4		5		17
Модульна контрольна робота 2						
Разом за Модуль 2	74	12		10		52
Усього годин	120	18		24		78

6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
1.	Суть технологічних процесів промислового виробництва катализаторів. Лабораторна робота 1. «Синтез простих оксидних катализаторів».	4
2.	Загальні закономірності підбору катализаторів для промислових процесів. Лабораторна робота 2. «Синтез цеолітних катализаторів як складних оксидних систем».	5
3.	Промисловий катализ. Виробництво катализаторів. Лабораторна робота 3. «Синтез алюмосилікатних катализаторів як складних оксидних систем».	5
4.	Плавлені катализатори. Катализатори на основі природних глин, цеолітів та іонообмінних смол. Лабораторна робота 4. «Синтез сольових катализаторів як складних оксидних систем».	5
5.	Регенерація катализаторів та сорбентів. Ферментні катализатори. Лабораторна робота 5. «Синтез кислотних фосфатних катализаторів як складних оксидних каталітичних систем. Способи їх регенерації».	5
Разом		24

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
1.	Сучасний стан та напрями розвитку промислового каталізу в світі та Україні.	9
2.	Досягнення вітчизняних вчених в області промислового каталізу.	8
3.	Переробка нафти з одержанням різних видів палива і сировини для хімічної промисловості на алюмосилікатних каталізаторах.	9
4.	Методи синтезу металічних промислових каталізаторів.	8
5.	Природні цеоліти Закарпаття, їх структура, фізико-хімічні, адсорбційні, іонообмінні та каталітичні властивості.	9
6.	Сучасні каталізатори та сорбенти промислового виробництва водню, синтез-газу та очищення викидних газів від оксидів Нітрогену.	9
7.	Цементні каталізатори. Способи виготовлення та експлуатації цементних каталізаторів. Екологічно безпечні виробничі процеси, мало- та безвідходні технології, комплексна переробка відходів, захист навколишнього середовища.	9
8.	Особливості сучасних методів одержання ферментних промислових каталізаторів. Промислова хімія барвників, ароматизованих речовин, лікарських препаратів і вітамінів.	8
9	Внесок та досягнення вітчизняних вчених та науковців кафедри фізичної та колоїдної хімії ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ» в галузі підбору, розробки та синтезу нових каталізаторів з прогнозованими властивостями для різних видів промислових процесів.	9
Разом		78

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

Для належного забезпечення освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни «Каталіз в промисловості» 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 ННХЕ 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».

Технічні засоби: персональний комп'ютер LG (2020) – 4 шт., персональний комп'ютер Samsung (2019), мультимедійний проектор EPSON EB-X-400 (2020) – 2 шт., мультимедійний проектор EPSON EB-X05 (2017), комп'ютер портативний Lenovo V15 ADA – 3 шт., комп'ютер портативний Samsung RV 518 (2015), комп'ютер портативний Acer E5-521 (2014), 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: атомно-адсорбційний спектрометр Aurora Instrument AI 1200 (2016), криостат Termex КРІО-ВТ-01 (2016), електрична муфельна піч СНО 8,2/1100 И4А (2022), аналітичні терези WA-21 - 2 шт., терези технічні ВКЛТ-160 - 8 шт., терези електронні AVAgo з 2 чашами 0,1-2000 г МНЗ (2020) – 2 шт., терези електронні Pocket Scale MH 200 TS-C06 (2019) - 4 шт., терези торзійні ВТ-500 (1984) – 2 шт., рефрактометр П-161 (1995), фотоколориметр КФК- 2 (1992) – 2 шт., спектрофотометр СФ-46 (1990) – 2 шт., рН-метр-іономір ЕКОТЕСТ-120 (1990), нефелометр, седиментометр Фігуровського, прилад для визначення кута змочування поверхні, стіл титрувальний, сталагмометр – 8 шт., віскозиметр – 4 шт., прилад Ребіндера – 4 шт., калориметр Юнкерса для визначення теплоти згорання речовин – 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 термічного аналізу двокомпонентної системи – 2 шт., установка для дослідження кінетики термічного розкладу речовини (у т.ч. реактор, термостат) – 2 шт., установка для визначення добутку розчинності важкорозчинних солей (у т.ч. нормальний елемент Вестона, гальванометр, реохорд, електроди, акумулятор) – 2 шт., прилад для криоскопічних вимірювань (у т.ч. холодильник, криоскоп, 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, Microsoft Power Point, віртуальне навчальне середовище Moodle (<https://elearn.uzhnu.edu.ua>); Google Meet, Viber, Zoom (безкоштовна версія), електронна пошта на базі глобальних інформаційно-комунікаційних порталів, внутрішня корпоративна електронна пошта ДВНЗ «УжНУ»; особистий кабінет викладача на основі відкритих медіа ресурсів корпорації Google; офіційний веб-сайт ДВНЗ «УжНУ» <http://www.uzhnu.edu.ua>; сайт інституту ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ»; 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. Черненко Я. М. Каталізатори та сорбенти: навч. посібник / Я.М. Черненко, М.Д. Волошин, Л. П. Ларичева. - Кам'янське: ДДТУ.- 2017. - 317 с.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

Допоміжна література

1. Яцимирський В.К. Фізична хімія. Підручник для студ. вищ. навч. заклад. - Київ: *Ірпінь, ВТФ «Перун»*.- 2007.- 512 с.
2. Яцимирський В.К. Фізична хімія рівноважних систем. Підручник для студ. вищ. навч. заклад. - Київ: *Ірпінь, ВТФ «Перун»*.- 1992.- 110 с.
3. 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.
4. 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>
5. 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>
6. 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>
7. Dolgikh L.Yu., Stolyarchuk I.L., Staraya L.A., Vasylenko I.V., Pyatnitsky Y.I., Strizhak P.E. Efficient hydrogen production by steam reforming of ethanol over ferrite catalysts. *Catal. Petrochem.*, 2020, 29, 1-10. DOI: 10.15407/kataliz2020.29.001.
8. Dolgikh, L.Y., Stolyarchuk, I.L., Staraya, L.A., Pyatnitsky, Y.I. Steam Reforming of Ethanol on Ferrites. *Theor. Exp. Chem.*, 2018, 54, 349-357. DOI: 10.1007/s11237-018-9580-8.
9. Dolgykh L.Yu., Stolyarchuk I.L., Staraya L.A., Vasylenko I.V., Pyatnytsky Y.I., Strizhak P.E. Steam reforming of ethanol over manganese and iron oxides for hydrogen production. *Ads. Sci. Techn.*, 2015, 715-721. DOI: 10.1260/0263-6174.33.6-8.715.
10. 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.
11. Pyatnytsky 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>.
12. 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.
13. 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.
14. Soloviev S.O. Prospects for the creation of new nanocomposite catalysts for the oxidative conversion of $\text{C}_1\text{-C}_4$ -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.
15. Zazhigalov V.O., Sachuk O.V., Kiziun O.V., Diyuk O.A. Mechanochemistry and sonochemistry in nanosized materials and catalysts preparation // The International conference «Current problems in catalysis» CPC-2023 (Kyiv, Ukraine, September 25-29, 2023): Proceedings.- Kyiv: Akadempriodyka, 2023. - P.34.
 16. 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.
 17. Голуб Н.П., Голуб Є.О., Гурч А.В., Козьма А.А., Соломон А.М., Кузнєцова А.О., Рентгенівський фазовий аналіз складного оксидного каталізатора $50\%Cu_3(PO_4)_2 \cdot 50\%Ni_3(PO_4)_2$. // Наук. вісник УжНУ. Серія Хімія.- 2021.- Вип. 2(46). - С. 92-97.
 18. Голуб Н.П., Голуб Є.О., Козьма А.А., Кузнєцова А.О., Соломон А.М., Гомонай В.І. Рентгенівський аналіз складної каталітичної системи типу $xFePO_4 \cdot yNi_3(PO_4)_2$. // Наук. вісник УжНУ. Серія Хімія. - 2020, 2(44). 89-93.
 19. Вашкеба Н.Б., Козьма А.А., Голуб Н.П., Голуб Є.О., Гомонай В.І. Термодинамічні властивості пірофосфату кальцію $Ca_2P_2O_7$: порівняння різних результатів та одержання нових даних. // Наук. вісник УжНУ. Серія Хімія. – 2019.- Вип. 41. – С. 100–105.
 20. Голуб Є.О., Голуб Н.П., Козьма А.А., Глебена Г.Ф., Галушкой Й.В., Гомонай В.І., Баренблат І.О. Одержання складної манган-нікельфосфатної каталітичної системи та дослідження її деяких фізико-хімічних властивостей. // Наук. вісник УжНУ. Серія Хімія. – 2018.- Вип. 40. – С.65-74.
 21. Голуб Є.О., Голуб Н.П., Гомонай В.І., Козьма А.А., Галушкой Й.В., Форос Н.М., Глебена Г.Ф. Одержання складної каталітичної системи типу $xCrPO_4 \cdot yNi_3(PO_4)_2$ та дослідження її кислотних властивостей поверхні // Наук. вісник УжНУ. Серія Хімія. – 2018.- Вип. 39.– С. 71-76.
 22. Golub N.P., Golub Ye.O., Kozma A.A., Kuznietsova A.O., Gomonaj V.I.. Synthesis of new complex oxide acid catalysts and study of their properties // The International conference «Current problems in catalysis» CPC-2023 (Kyiv, Ukraine, September 25-29, 2023): Proceedings.- Kyiv: Akadempriodyka, 2023. - P. 76.
 23. Kozma A.A., Golub N.P., Golub Ye.O., Davyda D.V., Gomonaj V.I.. Determination of thermochemical properties of divalent metal orthophosphates by semi-empirical methods // The International conference «Current problems in catalysis» CPC-2023 (Kyiv, Ukraine, September 25-29, 2023): Proceedings. - Kyiv: Akadempriodyka, 2023. - P. 130.
 24. Козьма А.А., Голуб Н.П., Бажів І.І. Базові напрямки практичного використання фізико-хімічних систем за участі $CrPO_4$ // Наука, освіта, бізнес: сучасні виклики та сталий розвиток: Збірник тез доповідей за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції, 30 березня 2023 р., м. Мукачєво, Україна. - Мукачєво: Вид-во Мукач. держ. універ.- 2023.- С.73.

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 УжНУ. 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.nbuv.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>

**Результати перегляду
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами
(потрібне підкреслити)

(Додаток __).

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____

_____ (підпис)

_____ (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами
(Додаток __).

(потрібне підкреслити)

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____

_____ (підпис)

_____ (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами
(Додаток __).

(потрібне підкреслити)

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____

_____ (підпис)

_____ (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі
змінами(Додаток __).

(потрібне підкреслити)

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____

_____ (підпис)

_____ (Прізвище ініціали)