

**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.)

«27» *серпня* 2023 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ФІЗИЧНА ХІМІЯ КАТАЛІЗАТОРІВ**

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

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

**Розробник:** Козьма А.А., кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

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.

## 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	<b>2-ий</b>	–
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 2  самостійної роботи студента – 4	<b>1-ий</b>	–
	Лекції:	
	<b>18 годин</b>	–
	Практичні:	
	–	–
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:	
	<b>24 години</b>	–
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	<b>78 годин</b>	–

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Фізична хімія каталізаторів**» є забезпечення необхідної хімічної підготовки студентів зі спеціальності 102-Хімія, які здобувають вищу освіту другого (магістерського) рівня в Навчально-науковому інституті хімії та екології ДВНЗ «Ужгородський національний університет». Знання теоретичних основ зазначеної дисципліни необхідні для розуміння фізичної хімії каталізаторів, які широко використовуються у процесах генерації енергії з традиційних енергоносіїв (нафти, газу та ін.), альтернативних джерел (фотокаталітичного одержання водню), а також каталізаторів, що дозволяють знижувати антропогенний вплив на навколишнє середовище, очищуючи атмосферне повітря, воду, ґрунти. Вивчення вказаного предмету дозволить студентам освоїти різні сучасні методи фізико-хімічного дослідження каталізаторів: термічні; термодинамічні; інфрачервоної, атомно-абсорбційної, рентгенівської спектрометрії та ін., що забезпечить високопрофесійну підготовку фахівця-хіміка згідно з сучасними вимогами.

Відповідно до освітньо-наукової програми «Хімія» вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких **загальних компетентностей (ЗК)**:

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт;

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

та таких **фахових компетентностей (ФК)**:

ФК 3. Здатність організувати, планувати та реалізувати хімічний експеримент;

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

ФК 5. Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства;

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 «**Фізична хімія каталізаторів**» не пов'язане з попереднім вивченням інших (НД) згідно освітньої програми (ОП) «Хімія» підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти.

### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми «**Хімія**», вивчення навчальної дисципліни «**Фізична хімія каталізаторів**» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Шифр ПРН</b>
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
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 «**Фізична хімія каталізаторів**»:

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Знати основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються фізичної хімії каталізаторів, використовувати їх при дослідженні відповідних каталізаторів за допомогою сучасних методів: термічних, термодинамічних, спектрометричних та ін.	ПРН 2
Вміти застосовувати отримані знання і розуміння для дослідження фізико-хімічних властивостей нових каталітичних систем.	ПРН 3

Знати методологію та правильну організацію наукових досліджень фізико-хімічних властивостей нових каталітичних зразків.	ПРН 6
Вміти збирати, оцінювати та аналізувати літературні наукові дані, необхідні для дослідження фізико-хімічних властивостей нових каталітичних систем, використовуючи відповідні методи та інструменти.	ПРН 9
Вміти планувати, організовувати та приймати участь разом із викладачем та науковими співробітниками у проведенні експериментальних досліджень з фізичної хімії каталізаторів за допомогою сучасного обладнання (ІЧ-спектрометрів, рентгенівських дифрактометрів, атомно-абсорбційних спектрометрів), грамотно обробляти одержані результати та робити обґрунтовані висновки.	ПРН 10
Вміти інтерпретувати експериментально отримані дані з фізико-хімічних властивостей каталізаторів та співвідносити їх з відповідними теоріями.	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 «**Фізична хімія каталізаторів**» є:

- стандартизовані тести;
- есе;
- розрахункові роботи;
- завдання на лабораторному обладнанні.

### Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

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, тестовий контроль, 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 «**Фізична хімія каталізаторів**» поєднується з проведенням двох модульних контрольних робіт та підсумкового контролю у формі екзамену.

Форма *модульного контролю*: здійснюється у письмовій формі, поєднаній з тестовою.

При визначенні оцінки за модуль враховуються результати модульної контрольної роботи та поточного контролю під час лабораторних занять, колоквиумів, контрольних робіт, самостійної та 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 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	50	<b>100</b>
25	25		

T1, T2 ... – теми;

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

Поточне оцінювання та самостійна робота		Модульна контрольна робота 2	Сума
T3	T4	50	<b>100</b>
25	25		

T3, T4 ... – теми;

**Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни  
«Фізична хімія каталізаторів»**

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	10	2	10
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні	2	10	2	10
Есе (письмовий колоквиум)	2	10	2	10
Самостійна робота студента	2	20	2	20
...		-		-
Модульна контрольна робота	1	50	1	50
<b>Разом</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

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. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів.

У модульну контрольну роботу входять: відповіді на теоретичні питання, тести (за необхідності може містити і розв'язування задач). Наприклад, модульний білет містить три теоретичні питання та двадцять тестових питань. 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 правильно відповівши на усі двадцять тестових завдань. 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 відповіді на тестові завдання.

Оцінку *«відмінно»* (90-100 % балів) одержує студент, який дав не менше 90 % правильних відповідей на стандартизовані тестові завдання, без помилок відповів 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 скласти екзамен з дисципліни. До підсумкового (семестрового) контролю з конкретної дисципліни у вигляді екзамену студент денної форми навчання допускається тоді, коли за результатами модульних контролів він набрав не менше 35 % можливих балів. За результатами відповіді на екзамені виставляється оцінка за стобальною шкалою. Незалежно від того, чи студент складає екзамен 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 екзамені, 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	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		Іспит	Залік

шкалою			
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 екзамен.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до екзаменаційної відомості.

## **6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **6.1. Зміст навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА ТЕРМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КАТАЛІЗАТОРІВ**

##### **Змістовий модуль №1. Фізико-хімічні властивості каталізаторів.**

##### **Тема 1. Фізико-хімічні дослідження каталізаторів.**

Густина та пористість каталізаторів. Гідростатичне визначення густини каталізаторів. Пікнометричне визначення густини каталізаторів. Рентгенівські дослідження густини. Методи наближеної оцінки густини. Дослідження пористості каталізаторів. Питома поверхня каталізаторів, її експериментальне визначення.

Кислотність та основність каталізаторів. Кислоти за Бренстедом та Лоурі. Кислоти за Льюїсом. Функція Гаммета. Бренстедівські та льюїсівські кислотні центри твердих каталізаторів. Визначення кислотності твердих каталізаторів.

Оптичні характеристики фосфатних каталізаторів. Методи визначення показників заломлювання фосфатних каталізаторів.

##### **Змістовий модуль №2. ТЕРМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КАТАЛІЗАТОРІВ**

##### **Тема 2. Термічні дослідження каталізаторів.**

Термічні та термодинамічні властивості каталізаторів. Дослідження термічних властивостей каталізаторів. Фазові переходи каталізаторних зразків. Диференціальний термічний метод (ДТМ). Основні принципи, термопары та еталони ДТМ. Дериватографічний метод дослідження каталізаторів. Термогравіметричний аналіз.

Дослідження термодинамічних властивостей каталізаторів. Вимірювання теплоємності каталізаторів. Експериментальні методи визначення термодинамічних функцій каталізаторів. Емпіричні та напівемпіричні методи дослідження термодинамічних функцій твердих каталізаторів. Визначення ентальпії плавлення каталізаторів за різними методами.

#### **Модуль 2. СПЕКТРАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ КАТАЛІЗАТОРІВ**

##### **Змістовий модуль №3. СПЕКТРОСКОПІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КАТАЛІЗАТОРІВ**

##### **Тема 3. Спектроскопічні методи дослідження каталізаторів.**

Метод коливальної спектроскопії. Енергетичні рівні. Види коливальних частот. Класифікація нормальних коливань. Кінематична взаємодія. Нормальні коливання. Коливання багатоатомних молекул. Ізодесмічні та анізодесмічні структури. Лібрація молекул.

Апаратура інфрачервоної спектроскопії. Будова та принцип роботи двопробного ІЧ-спектрофотометра. Пробопідготовка каталізаторних зразків. Експериментальні коливальні спектри. Аналіз фосфатних каталізаторів за ІЧ-спектрами поглинання. Ідентифікація амонійфосфатів та гідратних фосфатів за їх інфрачервоними спектрами.

Атомно-абсорбція спектроскопія (ААС) каталізаторів. Суть методу ААС. Аналіз зразків каталізаторів за методом ААС.

## **Змістовий модуль №4. РЕНТГЕНІВСЬКА ДИФРАКЦІЯ КАТАЛІЗАТОРІВ**

### **Тема 4. Рентгенівські дослідження каталізаторів.**

Рентгенівські спектри поглинання. Закон Мозлі. Закон Вульфа–Брегга. Рентгенівські методи дослідження твердих каталізаторів. Структура індивідуальних каталізаторів. Фазовий склад складних та комбінованих каталізаторних зразків. Рентгенівський фазовий аналіз. Будова та принцип роботи конвенційного рентгенівського дифрактометра. Комп'ютерні програми для аналізу експериментальних рентгенівських дифрактограм.

Рентгенівський фазовий аналіз фосфатних каталізаторів. Індексція експериментальних дифрактограм фосфатних зразків. Розрахунки параметрів кристалічної ґратки фосфатних каталізаторів.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин <b>120</b>					
	Форма навчання: <b>денна</b>					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна а робота	самостійна робота
<b>1-й семестр</b>						
<b>Модуль 1. Фізико-хімічні та термічні властивості каталізаторів</b>						
<b>Змістовий модуль 1. Фізико-хімічні властивості каталізаторів</b>						
Тема 1. Фізико-хімічні дослідження каталізаторів	30	4		6		20
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>30</b>	<b>4</b>		<b>6</b>		<b>20</b>
<b>Змістовий модуль 2. Термічні властивості каталізаторів</b>						
Тема 2. Термічні дослідження каталізаторів	30	5		6		19
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>30</b>	<b>5</b>		<b>6</b>		<b>19</b>
<b>Модульна контрольна робота</b>						
<b>Разом за Модуль 1</b>	<b>60</b>	<b>9</b>		<b>12</b>		<b>39</b>
<b>Модуль 2. Спектральні властивості каталізаторів</b>						
<b>Змістовий модуль 3. Спектроскопічні властивості каталізаторів</b>						
Тема 3. Спектроскопічні методи дослідження каталізаторів	30	4		6		20
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	<b>30</b>	<b>4</b>		<b>6</b>		<b>20</b>
<b>Змістовий модуль 4. Рентгенівська дифракція каталізаторів</b>						
Тема 4. Рентгенівські дослідження каталізаторів	30	5		6		19
<b>Разом за змістовим модулем 4</b>	<b>30</b>	<b>5</b>		<b>6</b>		<b>19</b>
<b>Модульна контрольна робота</b>						
<b>Разом за Модуль 2</b>	<b>60</b>	<b>9</b>		<b>12</b>		<b>39</b>
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>18</b>		<b>24</b>		<b>78</b>

### 6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
1.	Фізико-хімічні дослідження каталізаторів	6
2.	Термічні дослідження каталізаторів	6
3.	Спектроскопічні методи дослідження каталізаторів	6
4.	Рентгенівські дослідження каталізаторів	6
<b>Разом</b>		<b>24</b>

### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
1.	Оптичні характеристики фосфатних каталізаторів	20
2.	Дослідження термодинамічних властивостей каталізаторів	19
3.	Атомно-абсорбція спектроскопія (ААС) каталізаторів	20
4.	Рентгенівський фазовий аналіз фосфатних каталізаторів	19
<b>Разом</b>		<b>78</b>

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

Технічні засоби: персональний комп'ютер Samsung (2019), персональний комп'ютер LG (2020) – 4 шт., мультимедійний проектор EPSON EB-X-400 (2020) – 3 шт., мультимедійний проектор EPSON EB-X05 (2017), комп'ютер портативний Samsung RV 518 (2015), комп'ютер портативний Acer E5-521 (2014), лазерний принтер – 3 шт.

Обладнання: Навчальне та лабораторне обладнання, згідно з діючими нормами оснащення: атомно-адсорбційний спектрометр Aurora Instrument AI 1200 (2016), аналітичні терези WA-21 (1972) - 2 шт., терези технічні ВКЛТ-160 (1982) - 8 шт., терези електронні AVAgo з 2 чашами 0,1-2000 г МНЗ (2020)– 2 шт., терези електронні Pocket Scale МН 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), стіл титрувальний (1988), нефелометр, сталагмометр – 8 шт., калориметр Юнкерса для визначення теплоти згорання речовин – 3 шт., прилад Мейєра для випаровування речовини і визначення молярної маси і молярного об'єму пари

досліджуваної речовини – 3 шт., установка для визначення теплоти розчинення та теплоти гідратації солі – 2 шт., калориметрична установка для визначення концентрації кислоти методом при нейтралізації її лугом – 2 шт., установка для вимірювання тиску насиченої пари і молярної прихованої теплоти пароутворення – 2 шт., пікнометри – 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 водневого показника буферних систем потенціометричним методом (у т.ч. потенціометр, нормальний елемент Вестона, гальванометр, хінгідронно-каломельний елемент, акумулятор) – 2 шт., установка для електрометричного титрування (у т.ч. електролізер, нормальний елемент Вестона, каломельний електрод, гальванометр, потенціометр, акумулятор) – 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, електрична муфельна піч СНО 8,2/1100 И4А, 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, Moodle (e-learn.uzhnu.edu.ua), Google Meet, Viber, Zoom (безкоштовна версія).

## **8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

### **Основна література**

1. 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.
2. 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.
3. Голуб Н.П., Гомонай В.І., Баренблат І.О., Козьма А.А., Дзямко В.М., Мільович С.С., Стерчо І.П. Медична хімія (фізична, колоїдна та біонеорганічна хімія). Навчальний посібник до лабораторного практикуму для студентів медичного факультету.- Ужгород: *Вид-во ФОП Сабов А.М.*- 2017. – 104 с.
4. Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Різак В.М., Худолій В.О. Гетерогенні рівноваги. Ужгород: *ТДВ «Патент»*, 2004. - 278 с.
5. Інструментальні методи досліджень в технології кераміки та скла [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Хімічні технології неорганічних

керамічних матеріалів» КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Л.М. Спасьонова, А.П. Яценко. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,4 Мбайт). – Київ: *КПІ ім. Ігоря Сікорського*, 2018. – 85 с.

#### Допоміжна література

1. 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>
2. Kozma A., Malinina A., Golub E., Rusyn V., Golub N., Dziamko Vit., Dziamko Vik., Malinin O., Solomon A. Thermodynamic, thermochemical and thermophysical properties of  $\text{HgBr}_2$ . *Chemija*, 2023, 34(2), 71–82. DOI: <https://doi.org/10.6001/chemija.2023.34.2.1>
3. 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>
4. Golub N.P., Robashchuk A.V., Golub Ye.O., Barenblat I.O., Kozma A.A. Methodical manual for laboratory workshops on the course «Medical Chemistry» for medical students with a foreign language of instruction (special «Medicine»). – Uzhgorod: *UzhNU Publishing House*. – 2021.– 102 p.
5. 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.
6. 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.
7. Переш Є.Ю., Різак В.М., Семрад О.О. Хімія твердого тіла. Ужгород: *ТДВ «Патент»*, 2011. - 448 с.
8. Кохан О.П. Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з дисципліни «Фізичні методи дослідження». Ужгород: *УжНУ*, 2010. – 40 с.
9. K. Nakamoto, *Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds: Theory and Applications in Inorganic Chemistry*, 6th ed., *John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey* (2009).
10. AI 1200: Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometer, Cookbook 2, Aurora Instruments Ltd, *Vancouver* (n.d.).
11. MIRacle Single Reflection: Horizontal ATR Accessory. Installation and User Guide. PIKE Technologies, *Madison* (2015).

#### Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Електронний репозитарій Ужгородського національного університету - [dspace.uzhnu.edu.ua](https://dspace.uzhnu.edu.ua)

2. Служба пошуку наукових статей та матеріалів Google Академія scholar.google.com.ua
3. [www.nbu.gov.ua](http://www.nbu.gov.ua) (бібліотека ім.В.І.Вернадського).
4. Система електронного навчання УжНУ - [e-learn.uzhnu.edu.ua](http://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)