

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Навчально-науковий інститут хімії та екології
Кафедра неорганічної хімії**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ННІ хімії та екології

проф. Василь ЛЕНДЄЛ

«24» червня 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ГЕТЕРОГЕННІ РІВНОВАГИ»

Рівень вищої освіти	перший
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	102 Хімія
Освітня програма	Хімія
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Гетерогенні рівноваги» для здобувачів першого рівня вищої освіти галузі знань 10 Природничі науки спеціальності 102 Хімія освітньої програми Хімія

Розробник: Барчій Ігор Євгенович, професор, доктор хімічних наук, завідувач кафедри неорганічної хімії ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

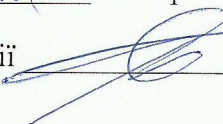
Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри неорганічної хімії

протокол № 12 від «13» листопада 2023 р.

Завідувач кафедри  Ігор БАРЧІЙ

Схвалено науково-методичною комісією Навчально-наукового інституту хімії та екології

протокол № 10 від «26» серпня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Михайло СЛИВКА

© _____ 20 ____ р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет 20 ____ р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 3	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 90	4-й	-
Кількість модулів – 1	Семестр:	
Тижневих годин: аудиторних – 4 самостійної роботи студена – 4	8-й	-
	Лекції:	
	20	-
	Практичні (семінарські):	
	-	-
Вид підсумкового контролю: залік	Лабораторні:	
	24	-
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	46	-

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

На сучасному етапі пошук нових матеріалів з наперед заданими властивостями є одним із пріоритетних напрямків розвитку неорганічного матеріалознавства. Тому, ознайомлення студентів, які спеціалізуються на кафедрі неорганічної хімії УжНУ з актуальними питаннями організації наукових досліджень, їх планування, із сучасними методами вивчення характеру фізико-хімічної взаємодії у багатокомпонентних системах як наукового підґрунтя одержання нових перспективних матеріалів є актуальним як з теоретичної так і практичної точки зору.

Мета: викласти теоретичні основи організації наукових досліджень, планування експерименту, засвоїти положення фізико-хімічного аналізу як наукової основи вивчення багатокомпонентних систем в галузі неорганічного матеріалознавства, навчити студентів користуватися його методом в практичній діяльності, і перш за все при виконанні робіт по одержання та дослідженню напівпровідникових матеріалів. Вивчення діаграм стану має значення для встановлення характеру хімічної взаємодії між різними речовинами, умов синтезу нових сполук, встановленню режиму очистки речовин, вирощування монокристалів. дослідженню стабільності речовин і т.п.

Цілі: ознайомлення студентів, які спеціалізуються на кафедрі неорганічної хімії, з теоретичними основами організації наукових досліджень, планування експерименту, засвоєння положень фізико-хімічного аналізу як наукової основи вивчення багатокомпонентних систем в галузі неорганічного матеріалознавства, навчити студентів користуватися його методом в практичній діяльності, і перш за все при виконанні робіт по одержання та дослідженню напівпровідникових матеріалів.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни «Гетерогенні рівноваги» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

загальні компетенції: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 1), здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 2), здатність до адаптації та дії в новій ситуації (ЗК 4), навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 5), здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 10), здатність до системного творчого мислення, наполегливість у досягненні мети професійної та науково-дослідницької діяльності, гнучкість мислення (ЗК 14).

фахові компетенції: здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт виходячи із вимог хімічної метрології та професійних стандартів в галузі хімії (ФК 3), здатність до використання спеціального програмного забезпечення та моделювання в хімії (ФК 4), здатність здійснювати сучасні методи аналізу даних (ФК 5), здатність використовувати стандартне хімічне обладнання (ФК 9), здатність до опанування нових областей хімії шляхом самостійного навчання (ФК 10).

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми, вивчення навчальної дисципліни «Планування експерименту» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.	ПРН 8
Застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань.	ПРН 10
Виконувати комп'ютерні обчислення, що мають відношення до хімічних	ПРН 16

проблем, використовуючи стандартне та спеціальне програмне забезпечення, навички аналізу та відображення результатів.	
Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.	ПРН 18
Використовувати свої знання, розуміння, компетенції та базові інженерно-технологічні навички на практиці для вирішення задач та проблем відомої природи.	ПРН 19
Обговорювати проблеми хімії та її прикладних застосувань з колегами та цільовою аудиторією державною та іноземною мовами.	ПРН 22
Грамотно представляти результати своїх досліджень у письмовому вигляді державною та іноземною мовами з урахуванням мети спілкування.	ПРН 23

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Гетерогенні рівноваги» студент **повинен**

знати: основні засади організації наукової роботи в Україні, університеті, факультеті, кафедрі, принципи планування наукових експериментів, застосування наукового підходу до вивчення фізико-хімічного аналізу складних систем, принципи побудови діаграм стану одно- та двохкомпонентних систем на основі загальновідомих методів фізико-хімічного аналізу багатокомпонентних систем.

вміти: самостійно працювати з науковою спеціалізованою літературою в області фізико-хімічного аналізу багатокомпонентних систем, використовувати засвоєний матеріал в практичній діяльності для рішення конкретних задач по очистці, синтезу і вирощуванню монокристалів напівпровідникових речовин.

Шифр ОРН	Очікувані результати навчання	Шифр ПРН
ОРН 1	Оволодіння принципами і процедурами фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.	ПРН 8
ОРН 2	Вміти застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань.	ПРН 10
ОРН 3	Вміти виконувати комп'ютерні обчислення, що мають відношення до хімічних проблем, використовуючи стандартне та спеціальне програмне забезпечення, навички аналізу та відображення результатів.	ПРН 16
ОРН 4	Демонструвати знання та розуміння основних фактів, концепцій, принципів та теорій з хімії.	ПРН 18
ОРН 5	Вміти використовувати свої знання, розуміння, компетенції та базові інженерно-технологічні навички на практиці для вирішення задач та проблем відомої природи.	ПРН 19
ОРН 6	Обговорювати проблеми хімії та її прикладних застосувань з колегами та цільовою аудиторією державною та іноземною мовами.	ПРН 22
ОРН 6	Вміти грамотно представляти результати своїх досліджень у письмовому вигляді державною та іноземною мовами з урахуванням мети спілкування.	ПРН 23

Вивчення курсу «Гетерогенні рівноваги» потребує використання знань студентів з курсів неорганічної, фізичної хімії, кристалохімії, рентгенографії, будови речовин, вищій математиці, інформатики та програмування.

4. 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:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль.

ОРН 1 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
 ОРН 2 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
 ОРН 3 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
 ОРН 4 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
 ОРН 6 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
 ОРН 6 – усна відповідь, виконання практичних навичок¹

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркоче та фронтальне стандартизоване усне опитування за основними питаннями теми заняття перед початком занять;
- експрес-опитування;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 50-бальною шкалою (100%) за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік. До контролю допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Лабораторні роботи	Сума
Т1–Т10				50	50	100
Л1	Л2	Л3	Л4			

Т1-Т10 – теми лекцій, Л1-Л4 – лабораторні заняття.

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття		
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	4	50
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні		
Письмове тестування при тематичному оцінюванні		
Презентація		-

Реферат		-
Есе		-
...		-
Модульна контрольна робота	1	50
Разом		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота здійснюється у письмовій формі шляхом відповідей на питання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів. Максимальна кількість балів за кожну модульну контрольну роботу становить 50 (100%) балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною, 30 (60%) балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Гетерогенні рівноваги» здійснюється у виді заліку. Контроль проводиться в усній формі шляхом співбесіди.

Кількість балів, яку набрав здобувач з дисципліни «Гетерогенні рівноваги», визначається як середнє арифметичне кількості балів з модульного контролю та балів, одержаних під час лабораторних робіт. Загальна кількість балів складає 100 рейтингових балів (100%). Переведення кількості набраних балів в оцінку здійснюється згідно схеми:

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка ЄКТС	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

За результатами контролю знань студентів, дозволяється виставлення семестрової оцінки (без здачі) – «відмінно», «добре», та «задовільно» (D). Студент має право підвищити оцінку, складаючи залік. Залік виставляється (без складання) у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці «задовільно» (D).

Оцінки FX, F («2») виставляються студентам, яким не зараховано хоча б один модуль з дисципліни після завершення її вивчення.

Студенту з оцінкою FX дозволяється складати семестровий контроль. У випадку повторного одержання ним незадовільної оцінки, здобувач має право на повторне складання підсумкового модульного контролю (заліку) не більше 2-х разів, згідно затвердженого графіка.

Студенти, які отримали за результатами підсумкового контролю та після перездачі оцінку «незараховано» (0-34 балів, F), зобов'язані пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру за індивідуальним навчальним планом) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до залікової відомості.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Гетерогенні рівноваги»

5.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Одно– та двокомпонентні системи

Конкретні цілі:

Студенти повинні ознайомитись з принципами організації наукових досліджень; оволодіти такими поняттями, як фаза, компонент, матеріальна та фізико-хімічна системи, рівноважний стан, термодинамічні потенціали, хімічний потенціал; ознайомитись з основними типами діаграм стану одно-, – двокомпонентних систем та усвідомити принцип побудови діаграм стану; з класичними методами фізико-хімічного аналізу, їх технічними характеристиками; основними принципами планування експерименту та моделювання, навчитись будувати математичні моделі процесів, що відбуваються у багатокомпонентних системах.

Тема 1. Предмет і задачі спецкурсу "Планування експерименту". Організація системи наукової діяльності в Україні, університеті, кафедрі. Планування експериментальних досліджень (2 години).

Організація системи наукової діяльності в Україні, університеті, кафедрі. Планування експериментальних досліджень. Робота з науковою літературою. Фізико-хімічний аналіз як основа наукових досліджень багатокомпонентних систем та одержання нових матеріалів.

Тема 2. Термодинаміка фазових рівноваг (2 години).

Термодинамічні визначення. Система: термодинамічна, фізико-хімічна, гомогенна, гетерогенна. Стаціонарний і термодинамічний стан системи. Компонент, Фаза. Термодинамічні і хімічні потенціали, їх використання для опису рівноважних процесів. Параметри системи, правило фаз Гіббса. Варіантність системи. Принципи відповідності та неперервності Курнакова для діаграм стану.

Тема 3. Експериментальні методи дослідження фазових діаграм стану (2 години).

Експериментальні методи дослідження діаграм стану. Диференційний термічний аналіз. Кількісний термічний аналіз. Мікроструктурний аналіз. Мікротвердість як метод визначення границь області гомогенності сполук і граничних твердих розчинів. Тензиметричні методи при дослідженні P-T-x діаграм стану: статичні, квазістатичні, динамічні і кінетичні.

Тема 4. Однокомпонентні системи (2 години).

Використання правила фаз. P-T проекція однокомпонентної системи. Формула Клаузіуса-Клапейрона для характеристики ліній моноваріантої рівноваги (сублімації, випаровування, плавлення). P-T проекція діаграм стану однокомпонентних систем типу "вода" і "сірка". Стабільний та метастабільний стан. Енантіотропний і монотропний фазовий перехід.

Тема 5. Двокомпонентні системи (2 години).

Зображення і вираження складу двокомпонентних систем. Загальні властивості ізобарного потенціалу. Типи діаграм стану за Розебомом. Побудова діаграм стану на основі ізобарного потенціалу. Поняття «сполука», «твердий розчин» та «механічна суміш». Механізми утворення твердих розчинів. Близький та дальній порядок у твердих розчинах.

Тема 6. Діаграми стану двокомпонентних систем I–III типів за Розебомом (2 години).

Необмежена розчинність компонентів у рідкі та твердих фазах. Побудова діаграми стану неперервного ряду твердих розчинів з експериментальними точками на кривих ліквідусу і солідусу. Другий закон Гіббса-Розебома. Варіантність в експериментальних

точках. Діаграми стану з бінодальною кривою та впорядкованими твердими розчинами. Фази Курнакова. Приклади реальних систем із впорядкованими фазами Курнакова.

Тема 7. *Діаграми стану двокомпонентних систем IV–V типів за Розебомом (4 години).*

Діаграми стану систем із необмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані і граничними твердими розчинами. Нонваріантні евтектичний та перитектичний процеси. Використання правила фаз Гіббса для характеристики фазових областей систем. Криві нагрівання та охолодження. Визначення нонваріантних точок та складу твердого розчину з використанням побудови трикутника Таммана. Діаграма стану евтектичного типу з ретроградним солідусом. Вигляд мікроструктури сплавів при евтектичному і перитектичному розриві розчинності на основі компонентів. Приклади реальних систем із граничними твердими розчинами на основі компонентів.

Тема 8. *Утворення проміжних бінарних сполук у двокомпонентних системах (4 години).*

Утворення проміжних бінарних сполук у двокомпонентних системах. Характер плавлення сполук. Характеристика стійкості сполук на основі кривизни радіусу ліквідусу та солідусу. Поняття дальтонідів та бертолідів у фізико-хімічному аналізі. Діаграма стану системи із сполукою, що плавиться конгруентно. Дистектика. Сингулярні точки на кривих "склад-властивість". Варіантність при кристалізації конгруентної сполуки. Криві нагрівання та охолодження. Побудова трикутника Таммана для визначення складу сполуки. Дальтонідні і бертолідні фази з конгруентним характером плавлення. Приклади реальних систем розглянутих типів утворення хімічних сполук. Утворення сполук по перитектичній реакції (інконгруентний характер плавлення).. Дальтонідні і бертолідні фази з інконгруентним характером плавлення. Діаграма стану системи з проміжною фазою, яка плавиться конгруентно в перехідній точці. Діаграма стану екзотермічної сполуки. Діаграма стану системи з проміжною фазою, що утворюється в твердому стані. Процес, який відбувається на перитектоїдній горизонталі. Правило фаз Гіббса для характеристики діаграм стану. Приклади реальних систем розглянутих типів утворення хімічних сполук.

Тема 9. *Діаграми стану систем з компонентами та проміжними фазами, що мають поліморфні перетворення (2 години).*

Моноваріантна рівновага твердих розчинів на основі поліморфних модифікацій компонентів. Криві нагрівання та охолодження. Варіантність процесів. Діаграма стану системи з нонваріантною евтектоїдною рівновагою. Визначення складу евтектоїдної точки побудовою трикутника Таммана. Процес на евтектоїдній горизонталі. Діаграми стану систем з нонваріантними монотектоїдною та метатектичною рівновагами. Варіантність на монотектоїдній та метатектичній горизонталях. Діаграми стану із поліморфними проміжними фазами. Підвищення і пониження температури поліморфного переходу сполуки. Перитектоїдний і евтектоїдний процеси. Приклади діаграм стану реальних систем. Діаграми стану систем з обмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані. Кристалізація із власних розплавів компонентів. Діаграма стану системи з нонваріантною монотектичною рівновагою. Монотектична горизонталь, точка монотектики. Варіантність при кристалізації сплавів. Діаграма стану з нонваріантною синтектичною рівновагою. Утворення сполуки по синтектичній реакції. Побудова трикутника Таммана для визначення складу сполуки. Приклади діаграм стану реальних систем.

Тема 10. *Огляд фазових рівноваг в подвійних системах (2 години).*

Трифазна рівновага при взаємодії двох крайніх фаз на нонваріантній горизонталі (перитектичний, перитектоїдний, синтектичний процеси). Трифазна рівновага при розпаді фази на два крайні склади нонваріантної горизонталі (евтектична, евтектоїдна, монотектична, монотектоїдна, метатектична рівноваги). Суміжність фазових областей на діаграмах стану. Розділення однофазних та двофазних областей. P-T, P-x, T-x проекції діаграм стану евтектичного типу та з утворенням бінарної сполуки.

5.2. Структура навчальної дисципліни «Гетерогенні системи»

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
Лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
Модуль 1						
<i>Тема 1. Предмет і задачі спецкурсу "Планування експерименту". Організація системи наукової діяльності в Україні, університеті, кафедрі. Планування експериментальних досліджень (2 години).</i>	6	2				4
<i>Тема 2. Термодинаміка фазових рівноваг (2 години).</i>	10	2		4		4
<i>Тема 3. Експериментальні методи дослідження фазових діаграм стану (2 години).</i>	12	2		4		6
<i>Тема 4. Однокомпонентні системи. (2 години).</i>	8	2				6
<i>Тема 5. Двокомпонентні системи (2 години).</i>	12	2		4		6
<i>Тема 6. Діаграми стану двокомпонентних систем I–III типів за Розебомом (2 годин).</i>	10	2		4		4
<i>Тема 7. Діаграми стану двокомпонентних систем IV–V типів за Розебомом (2 годин).</i>	10	2		4		4
<i>Тема 8. Утворення проміжних бінарних сполук у двокомпонентних системах. Діаграми стану систем з хімічними сполуками що плавляться конгруентно. Діаграми стану систем з хімічними сполуками що плавляться інконгруентно (2 години).</i>	10	2		4		4
<i>Тема 9. Діаграми стану систем з компонентами та проміжними фазами, що мають поліморфні перетворення. Діаграми стану систем з обмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані (2 години).</i>	6	2				4
<i>Тема 10. Огляд фазових рівноваг в подвійних системах (2 години).</i>	6	2				4
<i>Модульна контрольна робота</i>						
Разом за модуль	90	20		24		46
Разом за семестр	90	20		24		46

5.3. Тематика лабораторних робіт з дисципліни «Гетерогенні системи»

Вид заняття	Тема і назва роботи	Кількість годин	Література
Лабораторна робота №1	Методи дослідження фазових рівноваг в гетерогенних система. Диференційний термічний аналіз. Зняття та розшифровка термограм сплавів. Рентгенофазовий аналіз. Зняття дифрактограм та їх розшифровка. Встановлення фазового складу систем.	4	1-2, 6
Лабораторна робота №2	Термодинаміка фазових рівноваг	4	1-2, 6
Лабораторна робота №3	Побудова діаграм стану двокомпонентних систем з утворенням необмежених рядів твердих розчинів на основі результатів ДТА, РФА, МСА.	4	1-2, 6
Лабораторна робота №4	Побудова діаграм стану двокомпонентних систем з утворенням граничних твердих розчинів на основі результатів ДТА, РФА, МСА (IV - тип діаграм стану за Розебомом – евтектичний та перитектичний типи)	4	1-2, 6
Лабораторна робота №5	Побудова діаграм стану двокомпонентних систем з утворенням граничних твердих розчинів на основі результатів ДТА, РФА, МСА. Визначення концентраційних інтервалів існування граничних твердих розчинів на основі вихідних сполук (V типи діаграм стану за Розебомом – евтектичний та перитектичний типи).	4	1-2, 6
Лабораторна робота №6	Побудова діаграм стану двокомпонентних систем з утворенням проміжних сполук на основі результатів ДТА, РФА, МСА. Визначення концентраційних інтервалів існування граничних твердих розчинів на основі вихідних сполук. Встановлення характеру плавлення (конгруентний, конгруентний) проміжної сполуки.	4	1-2, 6
Всього:		24	

5.4. Зміст самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни «Гетерогенні рівноваги»

№ модуля	Зміст	Кількість годин
Модуль I. Одно- та двокомпонентні системи	<p>P–T–X діаграми стану однокомпонентних систем. Діаграми стану Фосфору, Вісмуту. Основні характеристики металів (лужні, підгрупа Галію) та неметалів (халькогеніди, галоген іди).</p> <p>Огляд фазових рівноваг у двокомпонентних системах, які опубліковані у наступних виданнях:</p> <p>1. Barchij I., Szabo M., Peresh E., Slobodjan L. The investigation of relation in TlSe–TlBr–TlI system with using mathematical methods of planning. // Proceedings of the International Conference</p>	46

- (EL-100). Ukr., Uzhgorod. –1997. –P.265-267/
2. Барчий І.Є., Слободян Л.А. Переш Є.Ю. Сабов М.Ю. Дослідження поверхні ліквідусу в системах $Tl_2Se-TlCl-TlBr(I)$ симплексним методом. //Наук.вісник УжДУ, сер.Хімія. – 1998. – В.3. – С.21–24.
 3. Blachnik R., Dreisbach H.A. Phase Relations in the $TlX-Tl_2Se$ Systems ($X=Cl, Br, I$) and the Crystal Structure of Tl_5Se_2I . // Journal of Solid State Chemistry. –1984. №52. –P.53-60.
 4. Сабов М.Ю., Переш Є.Ю., Барчий І.Є. Фазові рівноваги в системах $Tl_5Se_2Br-Tl_6Se_2I$ та $Tl_6SI_4-Tl_6SeI_4$. // Науковий вісник УжДУ. Серія Хімія. – 1997. –Вип.2.,–С.26-27.
 5. Габорець Н.Й., Барчий І.Є., Цигика В.В. Фізико-хімічна взаємодія у квазібінарних системах $TlCl(Br) - Tl_2S$. // Науковий вісник УжНУ. Серія Хімія. –2002. –В.8. –С.47-51.
 6. Зубака О.В., Сідей В.І., Кун С.В., Переш Є.Ю., Барчий І.Є., Сабов М.Ю. Кристалічна структура та деякі властивості сполук Tl_2TeBr_6 і Tl_2TeI_6 . // Науковий вісник УжДУ. Серія Хімія. –2000. –Вип.5. –С.3-5.
 7. Зубака О.В., Переш Є.Ю., Барчий І.Є., Кун С.В., Сідей В.І., Галаговець І.В. Одержання та властивості монокристалів сполук типу A_2TeC_6 ($A-Rb, Cs, Tl$; $C-Br, I$). // В зб.: Тези доп. XV наук. конф. з неорганічної хімії за міжнародною участю, Київ, 3-7 вересня. –2001.– С.210.
 8. Зубака О.В., Переш Є.Ю., Барчий І.Є., Галаговець І.В., Крафчик С.С. Одержання та властивості монокристалів сполук K_2TeBr_6 , K_2TeI_6 . // Науковий вісник УжНУ. Серія Хімія. –2002 –В.7. –С.27-32.
 9. Barchij I.E., Peresh E.Yu., Sabov M.Yu., Gaborets N.I., Kun A.V. Phase Equilibria of the $Tl_2S-Tl_2Se-TlI$ System. // Journal of Inorgan. Chem. –2002. –V.47, №.10. –P.1568–1571.
 10. Barchij I.E., Peresh E.Yu., Gaborets N.I., Sabov M.Yu., Tzigika V.V. Phase relations in the $Tl_2S-Tl_5Se_2Br-TlBr$ ternary system. // Journal of Alloys and Compounds. –2003. –№.353. – P.180-183.
 11. Barchij I.E., Peresh E.Yu., Gaborets N.I., Tzigika V.V. The $TlSe-TlBr-TlI$ quasi-ternary system // J. Alloys and Compounds. – 2003. – V.358. – P.93-97.
 12. Барчий І.Є., Переш Е.Ю., Габорець Н.Й., Цигика В.В. Взаимодействие в системе $TlCl-TlBr-TlI$. // ЖНХ. – 2003. – Т.48, №5. – С. 745-749.
 13. Pogodin A.I., Kokhan A.P., Barchii I.E., Solomon A.M., Stasuk Yu.M. Physicochemical interaction in the $CuBr-Cu_2S-Cu_6PS_5Br$ quasi-ternary system. // Russ. J. Inorg. Chem.. – 2015. – №60.(6) – С. 741–745.
 14. Plucinski K. J., Sabov M., Fedorchuk A. O., Barchiy I., Lakshminarayana G, Filep M. UV laser induced second order optical effects in the Tl_4PbTe_3 , Tl_4SnSe_3 and Tl_4PbSe_3 single crystals // Opt. Quant. Electron.–2015.–V.47, Issue 2–P.185-192.
 15. Reshak A.H., Alahmed Z.A., Barchij I., Sabov M., Plucinski K.J., Kityk I.V., Fedorchuk A.O. The influence of replacing Se by Te on electronic structure and optical properties of Tl_4PbX_3 ($X=Se$ or Te): Experimental and Theoretical

- investigations. / RSC Adv., 2015, p.1-9.
16. Малаховська Т.О., Філеп М.Й., Сабов М.Ю., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Соломон А.М. Квазібінарні перерізи та порівняльний аналіз взаємодії в потрійних системах Tl–Pb–Se(Te) // УХЖ. – 2015. – Т.81, №4. – С.92-95.
17. Масалович О.О., Сабов М.Ю., Барчій І.Є., Соломон А.М. Фазові рівноваги в системі Tl₂Se–Tl₉BiSe₆–Tl₄SnSe₃ // УХЖ. – 2015. – Т.81, №8. – С.98–100.
18. Барчій І.Є., Федорчук А.О., Тацькар А.Р., Пясецькі М., Кітик І.В. Хімічний зв'язок у тернарних сполуках квазіпотрійної системи Tl₂Se–SnSe₂–Sb₂Se₃ // Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Сер. "Хімія" – 2015. – Вип. 2 (34). – С.
19. Barchiy I.E.; Tatzkar A.R.; Fedorchuk A.O., Plucinski K. Phase diagrams of novel Tl₄SnSe₄–TlSbSe₂–Tl₂SnSe₃ quasi-ternary system following DTA and X-ray diffraction // J. Alloys and Compounds. – 2016. – V.671. – P.109-113.
20. Barchij I.E., Sabov M.Yu, El-Naggar A.M., AlZayed N. S., Albassam A.A., Fedorchuk A.O., Kityk I.V. Tl₄SnS₃, Tl₄SnSe₃ and Tl₄SnTe₃ crystals as novel IR induced optoelectronic materials // J. Mater. Sci.: Mater. Electron. –2016. – V.27. –P.3901-3905.
21. Козьма А.А., Переш Є.Ю., Барчій І.Є., Сабов М.Ю., Зубака О.В. Термоелектричні властивості евтектичних сплавів квазіпотрійної системи SnSe₂–TlBiSe₂–Bi₂Se₃ // Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія "Хімія". – 2016. – Вип. 1 (35). – С.22-27
22. Зубака О.В., Переш Є.Ю., Барчій І.Є., Кохан О.П., Соломон А.М., Погодін А.І. Фізико-хімічна взаємодія компонентів у взаємній системі Rb₂TeI₆+Cs₂TeBr₆↔Cs₂TeI₆+Rb₂TeBr₆ // Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія "Хімія". – 2016. – Вип. 2 (36). – С.22-25.
23. I.Stercho, A.Pogodin, O. Kokhan, I. Barchiy, A. Fedorchuk, I. Kityk, M. Piasecki. Interaction in the system based on the Cs₃Sb₂Br₉(I₉) and Cs₂TeBr₆(I₆) compounds. // Chem. Met. Alloys. – 2017 – V.10. – P. 113-119. (available on-line April 1, 2018) (<http://chemetal-journal.org/>)
24. Малаховська Т.О., Погодін А.І., Філеп М.Й., Сабов М.Ю., Мункачі О.Й. Стасюк Ю.М., Барчій І.Є. Вивчення фізико-хімічної взаємодії в системі Se–SnSe₂–Tl₂SnSe₃// Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія "Хімія". – 2018. – Вип. 2 (40). – С.31-36.
25. Barchiy, I., Tovt, V., Piasecki, M., Fedorchuk, A., Pogodin, A., Filep, M., Stercho, I. Tl₂Se–TlInSe₂–Tl₄P₂Se₆ quasiternary system. *Ukrainian Chemistry Journal*, (2019). 85(2), 101-110. <https://doi.org/10.33609/0041-6045.85.2.2019.101-110>
26. Барчій І.Є., Федорчук А.О., Павлюк В.В., Товт В.О., П'ясецькі М., Стерчо І.П. Кристалічна будова та хімічний зв'язок у проміжних сполуках системи Tl₂Se–In₂Se₃–"P₂Se₄" // Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія), 2019, № 1 (41) 11-19.
27. Малаховська Т.О., Глух О.С., Погодін А.І., Філеп М.Й., Сабов М.Ю., Стасюк Ю.М., Барчій І.Є. Фізико-хімічна взаємодія в системі Tl₄PbTe₃–Tl₉BiTe₆–TlBiTe₂ // Наук. вісник

	<p>Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія), 2019, № 1 (41) 32-37. Робота з діаграмами: створення діаграм із використанням редактору для наукової графіки Origin, встановлення можливостей утворення твердих розчинів із використанням кристалографічних програм PowderCell, Carina, ICSD.</p>	
--	--	--

5.5. Перелік питань для підготовки

1. Організація системи наукової діяльності в Україні, університеті, кафедрі.
2. Планування експериментальних досліджень. Робота з науковою літературою.
3. Фізико-хімічний аналіз як основа наукових досліджень багатокомпонентних систем та одержання нових матеріалів.
4. Термодинамічні визначення. Система: термодинамічна, фізико-хімічна, гомогенна, гетерогенна. Стаціонарний і термодинамічний стан системи. Компонент, Фаза.
5. Термодинамічні і хімічні потенціали, їх використання для опису рівноважних процесів.
6. Параметри системи, правило фаз Гіббса.
7. Варіантність системи. Принципи відповідності та неперервності Курнакова для діаграм стану.
8. Експериментальні методи дослідження діаграм стану.
9. P-T проекція однокомпонентної системи. Формула Клаузіуса-Клапейрона для характеристики ліній моноваріантої рівноваги (сублімації, випаровування, плавлення).
10. P-T проекція діаграм стану однокомпонентних систем типу "вода" і "сірка". Стабільний та метастабільний стан. Енантіотропний і монотропний фазовий перехід.
11. Зображення і вираження складу двокомпонентних систем. Загальні властивості ізобарного потенціалу.
12. Побудова діаграми стану неперервного ряду твердих розчинів з експериментальними точками на кривих ліквідусу і солідусу.
13. Діаграми стану з бінодальною кривою та впорядкованими твердими розчинами. Фази Курнакова.
14. Діаграми стану систем із необмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані і граничними твердими розчинами.
15. Нонваріантні евтектичний та перитектичний процеси.
16. Визначення нонваріантних точок та складу твердого розчину з використанням побудови трикутника Таммана.
17. Діаграма стану евтектичного типу з ретроградним солідусом.
18. Діаграма стану системи із сполукою, що плавиться конгруентно.
19. Дистектика. Поняття дальтонідів та бертолідів у фізико-хімічному аналізі. Характеристика стійкості сполук на основі кривизни радіусу ліквідусу та солідусу.
20. Сингулярні точки на кривих "склад-властивість".
21. Утворення сполук по перитектичній реакції. Інконгруентне плавлення. Дальтонідні і бертолідні фази з інконгруентним характером плавлення.
22. Діаграма стану системи з проміжною фазою, яка плавиться конгруентно в перехідній точці.
23. Діаграма стану екзотермічної сполуки.
24. Діаграма стану системи з проміжною фазою, що утворюється в твердому стані. Процес, який відбувається на перитектоїдній горизонталі.
25. Моноваріанта рівновага твердих розчинів на основі поліморфних модифікацій компонентів.
26. Діаграма стану системи з нонваріантною евтектоїдною рівновагою. Визначення складу евтектоїдної точки побудовою трикутника Таммана. Процес на евтектоїдній горизонталі.

27. Діаграми стану систем з нонваріантними монотектоїдною та метатектичною рівновагами.
28. Підвищення і пониження температури поліморфного переходу сполуки. Перитектоїдний і евтектоїдний процеси.
29. Діаграми стану систем з обмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані. Кристалізація із власних розплавів компонентів.
30. Діаграма стану системи з нонваріантною монотектичною рівновагою. Монотектична горизонталь, точка монотектики.
31. Діаграма стану з ноніваріантною синтектичною рівновагою. Утворення сполуки по синтектичній реакції.

6. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна «Гетерогенні рівноваги»

Технічні засоби: Мультимедійний проектор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення: операційна система Windows, Microsoft Office, Origin Lab, Powder Cell, UnitCell. Diamond.

7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Є.Ю.Переш, В.М.Різак, О.О.Семрад. Хімія твердого тіла. –Ужгород: “Закарпаття”, ч.1, 2000. 210 с.; ч.2, 2002. 241 с.
2. Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Різак В.М., Худолій В.О. Гетерогенні системи. –Ужгород: Закарпаття. –2003. 212с.
3. Хоменко О.М., Коновал В.М. Теорія планування експерименту. Навчальний посібник. – Черкаси: Видавництво Інтроліга TOP, 2019 р. 128 с.
4. Чмиленко Ф.О., Жук Л.П. Посібник до вивчення дисципліни «Методологія та організація наукових досліджень» - Дніпро: РВВ ДНУ, 2014. 48 с.
5. Данильян О.Г. Методологія наукових досліджень підручник. –Харків: Право, 2019. 368 с.
6. R.A.Smith. Semiconductors. *Cambridge University Press; First Edition.* 1959, 512 p.

7. Наукові журнали:

- Український хімічний журнал.
- Науковий вісник УжНУ. Серія Хімія.
- Фізика і техніка напівпровідників.
- J.Alloys and Compounds.
- J.Non-Crystall Solids.
- J.Metals and Alloys.
- J.Acta Crystallography.
- J.Less-Common Metals.
- Z.Naturforschung.