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
«27» червня 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ФІЗИКО-ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМ»

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

Ужгород – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни **«Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем»** для здобувачів другого 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 » червня 2023 р.

Завідувач кафедри _____ Ігор БАРЧІЙ

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

протокол № 10 від «26» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії _____ Михайло СЛИВКА

©_____ 20____ р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет 20____ р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем»

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td colspan="2">Розподіл годин за навчальним планом</td></tr>
<tr><td>Денна форма навчання</td><td>Заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів ЄКТС – 4</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 120</td><td>6-й</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Кількість модулів – 2</td><td colspan="2">Семестр:</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Тижневих годин:
аудиторних – 3
самостійної роботи студена – 3</td><td>11-й</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції:</td></tr>
<tr><td>24</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні (семінарські):</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Вид підсумкового контролю: залік</td><td colspan="2">Лабораторні:</td></tr>
<tr><td>36</td><td>-</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Форма підсумкового контролю: усна</td><td colspan="2">Самостійна робота:</td></tr>
<tr><td>60</td><td>-</td></tr>
</table>

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 «Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем» 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), здатність організовувати та визначати цілі і завдання власної та колективної діяльності, забезпечувати їхнє ефективне та безпечне виконання (ЗК 15), навички роботи в комп'ютерних мережах, використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) та програмних засобів для обробки хімічних даних (ЗК 16), здатність до письмової й усної комунікації рідною мовою, до презентації власних і колективних результатів професійної та науково-дослідної діяльності (ЗК 17), здатність до використання професійного рівня у громадській діяльності та володіння активною громадською позицією (ЗК 18).

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 «Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем» 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 проблем, використовуючи стандартне та спеціальне програмне забезпечення, навички аналізу та відображення результатів.	ПРН 16
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 «Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем» 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 дво- та трикомпонентних 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	Знати принципи і процедури фізичних, хімічних, фізико-хімічних методів дослідження, типові обладнання та прилади.	ПРН 8
ОРН 2	Застосовувати основні принципи термодинаміки та хімічної кінетики для вирішення професійних завдань.	ПРН 10
ОРН 3	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	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	Грамотно представляти результати своїх досліджень у письмовому вигляді державною та іноземною мовами з урахуванням мети спілкування.	ПРН 23

Вивчення курсу «Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем» потребує використання знань студентів з курсів гетерогенні рівноваги, 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:

- вибіркове 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 (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота			**Модульна контрольна робота**	**Лабораторні роботи**	**Сума**
Т1–Т5			50	60	110
Л1	Л2	Л3			

Т1-Т12 – теми лекцій, Л1-6 – лабораторні заняття

Розподіл балів, які отримують здобувачі (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота			**Модульна контрольна робота**	**Лабораторні роботи**	**Сума**
Т6–Т12			50	60	110
Л4	Л5	Л6			

Т1-Т12 – теми лекцій, Л1-6 – лабораторні заняття

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття				
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	3	60	3	60
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні				
Письмове тестування при тематичному оцінюванні				
Презентація		-		-
Реферат		-		-
Есе		-		-
…		-		-
Модульна контрольна робота	1	50	1	50
Разом	**2**	**110**	**2**	**110**

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 «Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем» 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 перездач 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 «Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем»

5.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. 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 двох- та трикомпонентних 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. *Термодинаміка фазових рівноваг у багатокомпонентних системах (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 2. *Діаграми стану двокомпонентних систем I–III типів за Розебомом (2 годин).*

Необмежена розчинність компонентів у рідкі та твердій 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 3. *Діаграми стану двокомпонентних систем IV–V типів за Розебомом (2 годин).*

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 4. *Утворення проміжних бінарних сполук у двокомпонентних системах (2 години).*

Утворення проміжних бінарних сполук у двохкомпонентних 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. якій відбувається на

перитектоїдній горизонталі. Правило фаз Гіббса для характеристики діаграм стану. Приклади реальних систем розглянутих типів утворення хімічних сполук.

Тема 5. *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. Р-Т, Р-х, Т-х проекції діаграм стану евтектичного типу та з утворенням бінарної сполуки.

Модуль 2. Трикомпонентні системи

Конкретні цілі:

Студенти повинні ознайомитись з основними принципами побудови трикомпонентних систем, їх тріангуляцією, побудовою політермічних та ізотермічних перерізів.

Тема 6. *Трикомпонентні системи. Загальна характеристика (2 години).*

Методи зображення трикомпонентних систем. Визначення складу по Гіббсу та Розебому. Правило важеля і центра трикутника. Варіантність в трикомпонентних системах.

Тема 7. *Трикомпонентні системи з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому та твердому станах (2 години).*

Діаграми стану систем з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому та твердому станах. Кристалізація потрійних сплавів. Політермічні та ізотермічні розрізи. Діаграма стану систем з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах. Кристалізація потрійних сплавів. Політермічні та ізотермічні розрізи. Діаграма стану систем з бінодальною поверхнею, з упорядкованими твердими розчинами.

Тема 8. *Трикомпонентні системи з обмеженою розчинністю компонентів в твердому стані (2 години).*

Моноваріантна евтектична та перитектична рівновага в потрійних системах. Конодні трикутники та трифазні об’єми. Характерні сплави. Первинна, вторинна та третинна кристалізація сплавів. Криві нагрівання та охолодження. Політермічні та ізотермічні розрізи.

Тема 9. *Трикомпонентні системи з обмеженою розчинністю компонентів в твердому стані – евтектична нонваріантна взаємодія (2 години).*

Діаграма стану систем із нонваріантною евтектичною рівновагою. Характерні сплави. Первинна, вторинна та третинна кристалізація сплавів. Криві нагрівання та охолодження. Евтектична площина як вироджений тетраедр. Політермічні та ізотермічні розрізи. Методи знаходження складу потрійної евтектики.

Тема 10. *Квазібінарні розрізи. Тріангуляція трикомпонентних систем (2 години).*

Діаграма стану трикомпонентних систем із утворенням бінарної сполуки, яка плавиться конгруентно. Квазібінарні розрізи, точки Ван-Рейна (перевальні точки). Тріангуляція систем. Правило Гюнтлера.

Тема 11. *Тріангуляція трикомпонентних систем. Топологічні типи розбиття на вторинні системи (2 години).*

Топологічні типи розбиття трикомпонентних систем за Курнаковим. Геометричний метод тріангуляції Домбровської. Перетинаючі лінії першого та другого порядку. Приклади тріангуляції трикомпонентних систем.

Тема 12. *Трикомпонентні системи з утворенням проміжної сполуки (2 години).*

Діаграми стану трикомпонентних системи із тернарною проміжною фазою, що плавиться конгруентно. Політермічні та ізотермічні розрізи. Діаграми стану трикомпонентних системи із тернарною проміжною фазою, що плавиться інконгруентно. Перехід конгруентного процесу в інконгруентний і навпаки.

5.2. Структура навчальної дисципліни «Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем»

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
		Лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
Модуль 1						
Тема 1. *Термодинаміка фазових рівноваг у багатокомпонентних системах.*	8	2				6
Тема 2. *Діаграми стану двокомпонентних систем I–III типів за Розебомом.*	14	2		6		6
Тема 3. *Діаграми стану двокомпонентних систем IV–V типів за Розебомом.*	14	2		6		6
Тема 4. *Утворення проміжних бінарних сполук у двокомпонентних системах.*	14	2		6		6
Тема 5. *Огляд фазових рівноваг в подвійних системах.*	8	2				6
Модульна контрольна робота						
Разом за модуль	58	10		18		30
Модуль 2						
Тема 6. *Трикомпонентні системи. Загальна характеристика.*	11	2		6		3
Тема 7. *Трикомпонентні системи з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому та твердому станах.*	6	2				3
Тема 8. *Трикомпонентні системи з обмеженою розчинністю компонентів в твердому стані.*	7	2				5
Тема 9. *Трикомпонентні системи з обмеженою розчинністю компонентів в твердому стані – евтектична нон варіантна взаємодія.*	7	2				5
Тема 10. *Квазібінарні розрізи. Тріангуляція трикомпонентних систем.*	13	2		6		5
Тема 11. *Тріангуляція трикомпонентних систем. Топологічні типи розбиття на вторинні системи.*	13	2		6		5
Тема 12. *Трикомпонентні системи з утворенням проміжної сполуки.*	6	2				4
Модульна контрольна робота						
Разом за модуль	62	14		18		30
Разом за семестр	***90***	***24***		***36***		***60***

5.3. Тематика лабораторних робіт з дисципліни «Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем»

Вид заняття	Тема і назва роботи	Кількість годин	Література
Лабораторна робота №1	Побудова діаграм стану двокомпонентних систем з утворенням необмежених рядів твердих розчинів на основі результатів ДТА, РФА, МСА.	6	1-2, 6
Лабораторна робота №2	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 (IV -V типи діаграм стану за Розебомом – евтектичний та перитектичний типи).	6	1-2, 6
Лабораторна робота №3	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.	6	1-2, 6
Лабораторна робота №4	Тріангуляція потрійних систем. Визначення квазібінарності розрізів (правило Гюртлера). Побудова полі термічних та ізотермічних перерізів у трикомпонентних системах.	6	1-2, 6
Лабораторна робота №5	Планування експерименту на симплексі. Матриця планування. Побудова ортогональних проекцій поверхонь ліквідусу на концентраційний трикутник трикомпонентних систем за допомогою ізотерм ліквідусу.	6	1-2, 6
Лабораторна робота №6	Побудова просторових діаграм стану трикомпонентних систем на основі результатів ДТА та РФА.	6	1-2, 6
	Всього:	36	

5.4. Самостійна робота

Зміст самостійної та індивідуальної роботи з курсу «Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем»

№ модуля	Зміст	Кількість годин
Модуль І. Двохкомпонентні системи	Огляд фазових рівноваг у двокомпонентних системах, які опубліковані у наступних виданнях: 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 (EL-100). Ukr., Uzhgorod. –1997. – P.265-267/ 2. Барчій 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., Барчій 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., Барчій 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., Барчій 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., Барчій 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., Барчій 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., Haborets N.J., Sabov M.Yu., Tzigika V.V. Phase relations in the Tl_2S–Tl_5Se_2Br–TlBr ternary system. // Journal of Alloys and Compouds. – 2003. –№.353. –P.180-183. 11. Barchij I.E., Peresh E.Yu., Haborets N.J., Tzigika	30

	V.V. The TlSe–TlBr–TlI quasi-ternary system // J. Alloys and Compounds. – 2003. – V.358. – P.93-97. 12. 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) – C. 741–745. 13. 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. 14. 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.	
Модуль ІІ. Трикомпо-нентні системи	Закріплення навичок тріангуляції трикомпонентних систем: $Tl_2Se–GeSe_2–SnSe_2$, $Tl_2S(Se,Te)–TlBr–TlI$. Огляд фазових рівноваг у трикомпонентних системах, які опубліковані у наступних виданнях: 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. 2. Масалович О.О., Сабов М.Ю., Барчій І.Є., Соломон А.М. Фазові рівноваги в системі $Tl_2Se–Tl_9BiSe_6–Tl_4SnSe_3$ // УХЖ. – 2015. – Т.81, №8. – С.98–100. 3. Барчій І.Є., Федорчук А.О., Тацькар А.Р., Пясецкі М., Кітик І.В. Хімічний зв'язок у тернарних сполуках квазіпотрійної системи $Tl_2Se–SnSe_2–Sb_2Se_3$ // Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Сер. "Хімія" – 2015. – Вип. 2 (34). – С. 4. Barchiy I.E.; Tatzkar A.R.; Fedorchuk A.O., Plucinski K. Phase diagrams of novel Tl_4SnSe_4-$TlSbSe_2$-Tl_2SnSe_3 quasi-ternary system following DTA and X-ray diffraction // J. Alloys and Compounds. – 2016. – V.671. – P.109-113. 5. Barchij I.E., Sabov M.Yu, El-Naggar A.M., AlZayed N. S., Albassam A.A., Fedorchuk A.O., Kityk I.V. Tl_4SnS_3, Tl_4SnSe_3 and Tl_4SnTe_3 crystals as novel IR induced optoelectronic materials // J. Mater. Sci.: Mater. Electron. – 2016. – V.27. –P.3901-3905. 6. Козьма А.А., Переш Є.Ю., Барчій І.Є., Сабов М.Ю., Зубака О.В. Термоелектричні властивості евтектичних сплавів квазіпотрійної системи $SnSe_2–TlBiSe_2–Bi_2Se_3$ // Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія "Хімія". – 2016. – Вип. 1 (35).–С.22-27 7. 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 $Rb_2TeI_6+Cs_2TeBr_6 \leftrightarrow Cs_2TeI_6+Rb_2TeBr_6$ // Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія "Хімія". – 2016. – Вип. 2 (36).	30

	–С.22-25. 8. I.Stercho, A.Pogodin, O. Kokhan, I. Barchiy, A. Fedorchuk, I. Kityk, M. Piasecki. Interaction in the system based on the $Cs_3Sb_2Br_9(I_9)$ and $Cs_2TeBr_6(I_6)$ compounds. // Chem. Met. Alloys. *– 2017 – V.*10. – P. 113-119. (available on-line April 1, 2018) (http://chemetal-journal.org/) 9. 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 $Se–SnSe_2–Tl_2SnSe_3$// Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія "Хімія". – 2018. – Вип. 2 (40). – С.31-36. 10. Barchiy, I., Tovt, V., Piasecki, M., Fedorchuk, A., Pogodin, A., Filep, M., Stercho, I. $Tl_2Se–TlInSe_2–Tl_4P_2Se_6$ quasiternary system. *Ukrainian Chemistry Journal*, (2019). *85*(2), 101-110. https://doi.org/10.33609/0041-6045.85.2.2019.101-110 11. Барчій І.Є., Федорчук А.О., Павлюк В.В., Товт В.О., П'ясецкі М., Стерчо І.П. Кристалічна будова та хімічний зв'язок у проміжних сполуках системи $Tl_2Se–In_2Se_3–$"P_2Se_4" Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія), 2019, № 1 (41) 11-19. 12. Малаховська Т.О., Глух О.С., Погодін А.І., Філеп М.Й., Сабов М.Ю., Стасюк Ю.М., Барчій І.Є. Фізико-хімічна взаємодії в системі $Tl_4PbTe_3–Tl_9BiTe_6–TlBiTe_2$ Наук. вісник 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.	

5.5. Перелік питань для підготовки

1. Фізико-хімічний аналіз як основа наукових досліджень багатокомпонентних систем та одержання нових матеріалів.
2. Термодинамічні визначення. Система: термодинамічна, фізико-хімічна, гомогенна, гетерогенна. Стаціонарний і термодинамічний стан системи. Компонент, Фаза.
3. Термодинамічні і хімічні потенціали, їх використання для опису рівноважних процесів.
4. Параметри системи, правило фаз Гіббса.
5. Варіантність системи. Принципи відповідності та неперервності Курнакова для діаграм стану.
6. Експериментальні методи дослідження діаграм стану.
7. Побудова діаграми стану неперервного ряду твердих розчинів з експериментальними точками на кривих ліквідусу і солідусу.
8. Діаграми стану з бінодальною кривою та впорядкованими твердими розчинами. Фази Курнакова.
9. Діаграми стану систем із необмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані і граничними твердими розчинами.
10. Нонваріантні евтектичний та перитектичний процеси.

11. Визначення нонваріантних точок та складу твердого розчину з використанням побудови трикутника Таммана.
12. Діаграма стану евтектичного типу з ретроградним солідусом.
13. Діаграма стану системи із сполукою, що плавиться конгруентно.
14. Дистектика. Поняття дальтонідів та бертолідів у фізико-хімічному аналізі. Характеристика стійкості сполук на основі кривизни радіусу ліквідусу та солідусу.
15. Сингулярні точки на кривих "склад-властивість".
16. Утворення сполук по перитектичній реакції. Інконгруентне плавлення. Дальтонідні і бертолідні фази з інконгруентним характером плавлення.
17. Діаграма стану системи з проміжною фазою, яка плавиться конгруентно в перехідній точці.
18. Діаграма стану екзотермічної сполуки.
19. Діаграма стану системи з проміжною фазою, що утворюється в твердому стані. Процес. якій відбувається на перитектоїдній горизонталі.
20. Моноваріанта рівновага твердих розчинів на основі поліморфних модифікацій компонентів.
21. Діаграма стану системи з нонваріантною евтектоїдною рівновагою. Визначення складу евтектоїдної точки побудовою трикутника Таммана. Процес на евтектоїдній горизонталі.
22. Діаграми стану систем з нонваріантними монотектоїдною та метатектичною рівновагами.
23. Підвищення і пониження температури поліморфного переходу сполуки. Перитектоїдний і евтектоїдний процеси.
24. Діаграми стану систем з обмеженою розчинністю компонентів в рідкому стані. Кристалізація із власних розплавів компонентів.
25. Діаграма стану системи з нонваріантною монотектичною рівновагою. Монотектична горизонталь, точка монотектики.
26. Діаграма стану з нонівваріантною синтектичною рівновагою. Утворення сполуки по синтектичній реакції.
27. Методи зображення трикомпонентних систем. Визначення складу по Гіббсу та Розебому.
28. Правило важеля і центра трикутника. Варіантність в трикомпонентних системах.
29. Діаграми стану систем з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому та твердому станах. Кристалізація потрійних сплавів.
30. Політермічні та ізотермічні розрізи.
31. Діаграма стану систем з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах.
32. Діаграма стану систем з бінодальною поверхнею, з упорядкованими твердими розчинами.
33. Моноваріантна евтектична та перитектична рівновага в потрійних системах.
34. Діаграма стану систем із нонваріантною евтектичною рівновагою. Первинна, вторинна та третинна кристалізація сплавів.
35. Діаграма стану трикомпонентних систем із утворенням бінарної сполуки, яка плавиться конгруентно. Квазібінарні розрізи, точки Ван-Рейна (перевальні точки).
36. Триангуляція систем. Правило Гюнтлера. Топологічні типи розбиття трикомпонентних систем за Курнаковим. Геометричний метод триангуляції Домбровської. Перетинаючі лінії першого та другого порядку.
37. Діаграми стану трикомпонентних системи із тернарною проміжною фазою.
38. Перехід конгруентного процесу в інконгруентний і навпаки.

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

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 системі. –Ужгород: Закарпаття. –2003. 212с.
3. Хоменко О.М., Коновал В.М. Теорія планування експерименту. Навчальний посібник. – Черкаси: Видавництво Інтроліга ТОР, 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.