

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» серпня 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**«ХІМІЯ ГАЛОГЕНХАЛЬКОГЕННИХ
НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК»**

Рівень вищої освіти	другий
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	102 Хімія
Освітня програма	Хімія
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська


Робоча програма навчальної дисципліни «Хімія галогенхалькогенних неорганічних сполук» для здобувачів другого рівня вищої освіти галузі знань 10 Природничі науки спеціальності 102 Хімія освітньої програми Хімія

Розробник: Кохан Олександр Павлович, доцент, кандидат хімічних наук, доцент кафедри неорганічної хімії ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри неорганічної хімії протокол № 12 від «13» серпня 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 – 6	Рік підготовки	
Загальна кількість годин – 180	1-й	-
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 6 самостійної роботи студента – 8	1-й	
	Лекції:	
	32	
	Практичні (семінарські):	
	-	
Вид підсумкового контролю: екзамен (1-й семестр)	Лабораторні:	
	40	
Форма підсумкового контролю: екзамен (усна)	Самостійна робота:	
	108	

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Хімія галогенхалькогенних неорганічних сполук**» є формування у студентів базових знань в області хімії складних неорганічних сполук, засвоєння теоретичних основ одержання складних галогенхалькогенідів, основних положень фізико-хімічного аналізу як наукової основи вивчення багатокомпонентних систем в галузі неорганічного матеріалознавства; у поглибленому вивченні типів взаємодії речовин, утворенню необмежених і граничних розчинів між компонентами, утворенню нових неорганічних галогенідних, халькогенідних та галогенхалькогенних сполук, впливу різних чинників на характер взаємодії та властивості одержаних сполук; формування у здобувачів вищої освіти навичок з одержання, дослідження та модифікації властивостей функціональних матеріалів на основі складних галогенхалькогенідів.

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення дисципліни «**Хімія галогенхалькогенних неорганічних сполук**» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

Загальні компетентності:

- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 1);
- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 3);
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК 6);
- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК 7);
- Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел (ЗК 14).

Фахові компетентності:

- Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання (ФК 2);
- Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент (ФК 3); Здатність застосовувати методи комп'ютерного моделювання для вирішення наукових, хіміко-технологічних проблем та проблем хімічного матеріалознавства (ФК 5);
- Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними (ФК 6); Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в галузі хімії, вибирати напрями та відповідні методи для їх розв'язання на основі розуміння сучасної проблематики досліджень в галузі хімії та беручи до уваги наявні ресурси (ФК 8);
- Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження (ФК 9).

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення навчальної дисципліни «**Хімія галогенхалькогенних неорганічних сполук**» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання:

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	ПРН 1
Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.	ПРН 2
Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.	ПРН 4

Знати методологію та організацію 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 «Хімія галогенхалькогенних неорганічних сполук»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Засвоєння теоретичних основ хімічних і кристалохімічних особливостей халькогенів та галогенів, зміни типу хімічного зв'язку у халькогенідах, галогенідах та її вплив на формування складних галогенхалькогенних неорганічних сполук.	ПРН 1
Уміння поєднувати результати експериментальних досліджень систем за участю халькогенідів, галогенідів та галогенхалькогенідів з діаграмами стану відповідних багатокомпонентних систем; використовувати їх для розв'язання задач одержання сполук з заданими властивостями.	ПРН 2
Оволодіння методиками синтезу складних неорганічних галогенхалькогенідів, одержання їх у вигляді монокристалів або полікристалічних компактних матеріалів – як індивідуальних сполук, так і граничних або необмежених твердих розчинів із наперед заданими властивостями.	ПРН 4
Уміння обрати метод одержання складних неорганічних галогенхалькогенідів, вибрати адекватні методики дослідження їх фізико-хімічних, кристалохімічних та електрофізичних властивостей.	ПРН 6
Набуття дослідницьких навичок: вміння самостійно працювати з науковою спеціалізованою літературою в області фізико-хімічного аналізу багатокомпонентних систем, довідковими базами даних, аналізувати та співставляти одержані експериментальні дані з літературними для побудови діаграм стану двокомпонентних та трикомпонентних систем з утворенням тернарних, тетрарних неорганічних галогенхалькогенідів. Вміння демонструвати сприйняття логічних аргументів для вироблення припущень та висновків.	ПРН 9
Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження взаємодії, утворення, властивостей складних галогенхалькогенних сполук з використанням сучасного обладнання, аналізувати їх результати та робити обґрунтовані висновки про характер утворення, кристалічну структуру та прогнозовані фізико-хімічні властивості.	ПРН 10
Використовувати засвоєний матеріал у самостійній науковій роботі для вирішення конкретних завдань по очистці, синтезу, вирощуванню монокристалів складних галогенхалькогенідних сполук та твердих розчинів на їх основі - функціональних матеріалів.	ПРН 14

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.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Поточний контроль реалізується у формі виконання та захисту лабораторних робіт, проведення контрольних робіт, колоквиумів тощо.

Модульне контрольне оцінювання проводиться у формі письмової контрольної роботи.

Контроль самостійної роботи здійснюється шляхом перевірки виконаних завдань на лабораторних заняттях, захисту лабораторних робіт.

Форми поточного контролю:

- усне опитування перед початком лабораторних занять;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття у вигляді колоквиуму;
- захист лабораторних робіт;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

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

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен (1-й семестр). До екзамену допускаються здобувачі освіти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі другого рівня вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	50	100
5	10	10	15	10		

T1, T2, T3...– теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі другого рівня вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
T6	T7	T8	T9	T10	50	100
10	10	10	10	10		

T6, T7, T8, ... – теми

**Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання
Розподіл балів, які отримують здобувачі другого рівня вищої освіти (модуль 1)
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)
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)	3	15	4	20
Письмове тестування при тематичному оцінюванні (колоквіуми)	3	35	4	30
Модульна контрольна робота		50		50
Разом		100		100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота здійснюється у письмовій формі шляхом відповідей на теоретичні питання та виконання тестових завдань. Кожна правильна відповідь оцінюється певною кількістю балів. Максимальна кількість балів за модульну контрольну становить 50 балів. Максимальна кількість балів за кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів за модуль, що вважається виконаним, становить 60 балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Хімія галогенхалькогенних неорганічних сполук» здійснюється у виді екзамену. Екзамен проводиться в усній формі шляхом відповіді на питання екзаменаційного білету. Результати екзамену оцінюються за шкалою: «відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно» та у 100-бальній шкалі **ECTS**

Підсумкова оцінка визначається наступними критеріями:

Оцінка *відмінно* (**A**) виставляється, коли здобувач освіти дає абсолютно правильні відповіді на теоретичні питання з викладенням оригінальних висновків, отриманих на основі програмного, додаткового матеріалу та нормативних документів. При виконанні практичного завдання здобувач освіти застосовує системні знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка *добре* (**B**) виставляється здобувачу освіти, який повністю розкрив теоретичні питання на основі програмного та додаткового матеріалу. При виконанні практичних завдань студент застосовує узагальнені знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка *добре* (**C**) виставляється здобувачу освіти, який повністю розкрив теоретичні питання, а програмний матеріал викладено у відповідності до вимог. Практичні завдання виконані в цілому правильно, але мають місце окремі неточності.

Оцінка *задовільно* (**D**) виставляється, коли здобувач освіти розкрив теоретичні питання, проте при викладенні програмного матеріалу допущені окремі помилки. При виконанні практичних завдань здобувач освіти припускається помилок, за рахунок недостатнього розуміння програмного матеріалу.

Оцінка *задовільно* (**E**) виставляється, коли здобувач освіти неповністю розкрив теоретичні питання, відповідь містить суттєві помилки. При виконанні практичних завдань здобувач освіти припускається значних помилок, а виконання завдань викликає значні труднощі у здобувача освіти.

Оцінка *незадовільно* (**FX**) виставляється здобувачу освіти, який не розкрив теоретичні питання і не може виконати практичні завдання. Як правило такий здобувач освіти виявляє здатність до викладення думки лише на елементарному рівні.

Оцінка *незадовільно* (**F**) виставляється здобувачу освіти, який не виконав навчальну програму або якийсь елемент її складової, має фрагментарні знання, які не дозволяють розкрити теоретичні питання і виконати практичні завдання. Такий здобувач освіти не може викласти свою думку навіть на елементарному рівні.

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

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою для екзамену
90 – 100	A	відмінно
82-89	B	добре
74-81	C	
64-73	D	
60-63	E	задовільно
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Здобувач освіти, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незадовільно з обов'язковим повторним навчанням» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти іспит.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до екзаменаційної відомості.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1 Сучасне неорганічне матеріалознавство – його перспективи розвитку та основні проблеми. Перспективи розвитку та основні проблеми неорганічного матеріалознавства. Сучасні аспекти деяких понять хімії твердого тіла. Хімічні і кристалохімічні особливості елементів підгрупи халькогенів та галогенів. Зміна властивостей у підгрупах. Класифікація та особливості формування галогенідних, халькогенідних та галогенхалькогенідних бінарних сполук. Одержання, фізико-хімічні, електрофізичні та кристалохімічні властивості.

Тема 2. Фізико-хімічний аналіз – наукова основа для одержання нових функціональних матеріалів з відтворюваними властивостями. Експериментальні методи дослідження діаграм стану неорганічних галогенхалькогенідів. Термічні методи аналізу. Метод диференціального термічного аналізу (ДТА). Кількісний диференціальний термічний аналіз (КДТА), його особливості і використання. Рентгенівські методи. Рентгенівський фазовий аналіз (РФА), його особливості і використання. Мікроструктурний аналіз. Вимірювання мікротвердості. Визначення густини методом гідростатичного зважування і пікнометричним методом. Визначення питомої електропровідності, питомого опору.

Тема 3. Діаграми стану двокомпонентних галогенхалькогенних систем. Діаграми стану двокомпонентних систем із необмеженою і граничною розчинністю компонентів. Нонваріантні евтектичний та перитектичний процеси. Діаграми стану з бінодальною кривою та упорядкованими твердими розчинами. Фази Курнакова. Системи з утворенням необмежених рядів твердих розчинів: $Tl_5Se_2Br-Tl_5Se_2I$, $Tl_6SI_4-Tl_6SeI_4$, $TlCl-TlBr$, $TlBr-TlI$, $TlCl-TlI$, Tl_2S-Tl_2Se , $Tl_2S-Tl_5Se_2Br(I)$.

Тема 4. Діаграма стану системи із сполукою, що плавиться конгруентно. Дальтоніди та бертоліди. Характеристика стійкості сполук на основі кривизни радіусу ліквідусу та солідусу. Утворення сполук за перитектичною реакцією. Інконгруентне плавлення. Дальтонідні і бертолідні фази з інконгруентним характером плавлення. Діаграма стану системи з проміжною фазою, що плавиться конгруентно в перехідній точці. Приклади халькогенгалогенідних систем розглянутих типів утворення хімічних сполук: $Tl_2S(Se)-TlBr(I)$.

Тема 5. Діаграми стану трикомпонентних галогенхалькогенідних систем з утворенням твердих розчинів та з хімічними сполуками. Діаграма стану трикомпонентних систем з необмеженою розчинністю компонентів в рідкому і твердому станах. Моноваріантна евтектична та перитектична рівновага в потрійних системах. Діаграма стану систем із нонваріантною евтектичною рівновагою. Взаємодії в квазіпотрійних системах $TlSe-TlCl-TlBr$, $TlSe-TlBr-TlI$, $TlSe-TlCl-TlI$, які характеризуються моноваріантним евтектичним процесом. Діаграма стану трикомпонентних систем із утворенням сполуки, що плавиться конгруентно. Характеристика фізико-хімічної взаємодії у квазіпотрійних системах $Tl_2S-Tl_2Se-TlBr(I)$. Тріангуляція трикомпонентних систем. Діаграма стану трикомпонентних систем із утворенням сполуки, що плавиться інконгруентно. Ізотермічні, політермічні і квазібінарні перерізи. Діаграма стану трикомпонентних системи із проміжною фазою, що плавиться інконгруентно. Система $Tl_2S-Tl_2Se-TlCl$. Політермічні $Tl_6SeBr_4-Tl_5Se_2Br$ та ізотермічні перерізи. Особливості взаємодії у даній системі.

Тема 6. Методи синтезу неорганічних галогенхалькогенних сполук та їх взаємозв'язок. Деякі особливості синтезу галогенхалькогенних сполук. Переваги однотемпературного методу синтезу. Одержання сполук із значним тиском пари. Двотемпературний метод синтезу. Синтез у газовій фазі. Синтез сполук з високим тиском дисоціації з індиферентного розчинника. Методи синтезу тернарних галогенхалькогенідів, що містять лужні метали.

Тема 7. Методи одержання монокристалів галогенхалькогенідів. Основні принципи технічного вирощування монокристалів. Вирощування монокристалів із розплаву. Метод

Бріджмена – Стокбаргера; метод Кіропулоса; метод Чохральського. Вирощування кристалів певної форми. Метод Степанова. Методи зонної кристалізації (зонної плавки). Вирощування із розчинів (водних розчинів, розплавів, гідротермальні методи). Вирощування монокристалів із газової фази методом сублімації. Вирощування кристалів за допомогою хімічних реакцій.

Тема 8. Галогенхалькогенідні матеріали для нелінійної оптики, сцинтиляційні матеріали та люмінофори. Системи $A^I-B^{VI}-C^{VII}$ Галогенхалькогеніди лужних металів: сполуки A_2TeY_6 ($A^I - K, Rb, Cs$; $Y - Cl, Br, I$). Сполуки $Tl_5Se_2Cl(Br, I)$, $Tl_6SCl(Br, I)_4$ $Tl_5Se_2Cl(Br, I)$, $Tl_6SeCl(Br, I)_4$. Сполуки у системах $A^{II}-B^{VI}-C^{VII}$. Кордероїти $Hg_3X_2Y_2$ ($X - S, Se, Te$; $Y - Cl, Br, I$), їх структура і властивості. Закономірності утворення сполук у системах $A^{II}-B^{VI}-C^{VII}$.

Тема 9. Галогенхалькогеніди – сегнетоелектрики. Сполуки у системах $A^V-B^{VI}-C^{VII}$ ($SbSI$ та аналоги). Закономірності взаємодії у системах $A^V-B^{VI}-C^{VII}$ ($A^V - Sb, Bi$; $B^{VI}-S, Se, Te$; $C^{VII}-I$); утворення сполук. Гіпотіодифосфати. Телурохлориди. Складні сульфідні і сульфогалогеніди. Галогентіофосфати.

Тема 10. Галогенхалькогенідні матеріали – суперіоніки. Тверді електроліти. Ag_3SI та його аналоги. Сполуки у системах $Cu(Ag)X-Rb(Cs)X$ ($X - Cl, Br, I$). Сполуки Ag_4RbI_5 $Cu_5RbCl_3I_2$. Аргіродити $Cu_7B^{IV}S_5Hal$, $Ag_7B^{IV}S_5Hal$, $Cu_6P(As)S_5Hal$, $Ag_6P(As)S_5Hal$. Діаграма стану трикомпонентних системи $Cu_2S(Ag_2S)-P_2S_5-Cu(Ag)Cl(Br, I)$. Політермічні та ізотермічні перерізи. Особливості взаємодії у даних системах, утворення твердих розчинів на основі галогенхалькогенідів. Галогенхалькогеніди лужних металів, особливості їх синтезу; властивості. Літій-провідні суперіоніки Li_6PS_5Hal .

5.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарськ)	лабораторні	індивідуаль на робота	самостійна робота	
Модуль 1						
Тема 1. Сучасне неорганічне матеріалознавство – його перспективи розвитку та основні проблеми. Класифікація та особливості формування галогенідних, халькогенідних та галогенхалькогенідних бінарних сполук	10	2				8
Тема 2. Експериментальні методи дослідження діаграм стану галогенхалькогенідів. Термічні методи аналізу. Рентгенофазовий аналіз. Мікроструктурний аналіз. Методи вимірювання мікротвердості, густини, електропровідності	28	4		8		16
Тема 3. Діаграми стану двокомпонентних галогенхалькогенних систем з утворенням твердих розчинів. Евтектична взаємодія,	16	2		6		8
Тема 4. Діаграма стану двокомпонентних галогенхалькогенних систем з утворенням сполук з конгруентним та інконгруентним характером плавлення. Дальтоніди та бертоліди. Характеристика стійкості сполук на основі кривизни радіусу ліквідусу та солідусу.	16	2		6		8
Тема 5. Діаграми стану трикомпонентних галогенхалькогенідних систем з утворенням твердих розчинів. Діаграми стану трикомпонентних галогенхалькогенідних систем з утворенням хімічних сполук.	12	4				8
Модульна контрольна робота	2	2	0			
Разом за модуль	84	16	0	20		48
Модуль 2						
Тема 6. Методи синтезу неорганічних галогенхалькогенідних сполук.	20	2		4		14
Тема 7. Методи одержання монокристалів галогенхалькогенідів.	16	2		4		10
Тема 8. Галогенхалькогенідні матеріали для нелінійної оптики. Системи $A^I-B^{VI}-C^{VII}$ Галогенхалькогенідні скінтіляційні матеріали та люмінофори. Системи $A^{II}-B^{VI}-C^{VI}$. Кордероїти.	22	4		6		12
Тема 9. Галогенхалькогеніди – сегнетоелектрики. Системи $A^V-B^{VI}-C^{VII}$	14	2				12
Тема 10. Галогенхалькогенідні матеріали – суперіоніки. Тверді електроліти. Аргіродити. Системи $A^I-B^{IV}(B^V)-X^{VI}-Y^{VII}$	22	4		6		12

Галогенхалькогеніди лужних металів особливості їх синтезу; властивості. Літій-провідні суперіоніки $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{Hal}$.						
Модульна контрольна робота	2	2	0			
Разом за 2 модуль	96	16	0	20		60
Разом за семестр	180	32	0	40		108

5.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Методи дослідження фазових рівноваг у гетерогенних системах. Диференціальний термічний аналіз галогенхалькогенідів. Рентгенофазовий аналіз.	8	
2.	Встановлення фазового складу систем. Визначення концентраційних інтервалів існування граничних твердих розчинів на основі вихідних та проміжних сполук (I-V типи діаграм стану за Розебомом з утворенням неперервних рядів твердих розчинів, евтектичний та перитектичний типи).	6	
3.	Визначення типу хімічного зв'язку у складних галогенхалькогенідних сполуках на основі кристалохімічних розрахунків, побудова кристалічних ґраток.	6	
4.	Синтез бінарних та тернарних галогенхалькогенідних сполук однотоїмпературним методом.	4	
5.	Синтез бінарних галогенхалькогенідних сполук двоїтотоїмпературним методом	4	
6.	Триангуляція потрійних систем. Визначення квазібінарності розрізів (правило Гюртлера). Перетинаючі першого та другого порядку. Побудова політермічних та ізітермічних перерізів у трикомпонентних системах	6	
7.	Планування експерименту на симплексі. Матриця планування. Побудова ортогональних проєкцій поверхонь ліквідусу на концентраційний трикутник трикомпонентних систем за допомогою ізіотерм ліквідусу.	6	
Разом		40	-

5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Хімічні і кристалохімічні особливості елементів підгрупи халькогенів та галогенів.	4	
2.	Класифікація та особливості формування галогенідних, халькогенідних та галогенхалькогенідних бінарних сполук	4	
3.	Обмеження числа незалежних параметрів стану в рівноважній системі як принцип конструювання матеріалів.	4	
4.	Вплив різних факторів на вид термічних кривих в методі ДТА. Криві ДТА кристалічних та склоподібних речовин.	4	

5.	Встановлення температури, ентальпії та ентропії фазового переходу по експериментальній термограмі.	4	
6.	Дифракційні методи дослідження.	4	
7.	Порошкові дифрактометри (принцип роботи, параметри, що задаються при зйомці порошкограм).	4	
8.	Індексування порошкограм шляхом співставлення із теоретично розрахованою у програмі Powder Cell 2.4.	6	
9.	Розрахунок параметрів елементарної ґратки у програмах Dіcvol та UnitCell.	6	
10.	Візуалізація структур у програмі Vesta.	4	
11.	Оптична мікроскопія.	4	
12.	Спектральні методи аналізу	4	
13.	Методи дослідження іонних провідників.	4	
14.	Правила поводження з матеріалами високої чистоти та їх зберігання.	4	
15.	Основні поняття про вакуум. Основні параметри вакуумних насосів.	4	
16.	Однотемпературний і двоштемпературний методи синтезу.	6	
17.	Вибір умов та методу синтезу в залежності від природи і властивостей вихідних речовин та цільових продуктів.	4	
18.	Фізико-хімічні основи вирощування кристалів з розплаву.	6	
19.	Хімічні транспортні реакції (ХТР) як метод синтезу та вирощування монокристалів.	4	
20.	Зонна структура та електропровідності металів, напівпровідників та діелектриків.	4	
21.	Сегнето-, п'єзо та піроелектричні ефекти.	4	
22.	Класифікація термоелектричних матеріалів. Шляхи оптимізації термоелектричних параметрів.	4	
23.	Люмінесцентні, нелінійно-оптичні та лазерні матеріали	4	
24.	Суперіонний стан твердих тіл.	4	
25.	Найважливіші типи аніонних та катіонних провідників.	4	
	Разом	108	

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

Технічні засоби: Мультимедійний проектор EPSON EB-X41.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення: Windows 7(10), Microsoft PowerPoint, Dіcvol 04, Powder Cell 2.4, UnitCell, VESTA, Origin 8.1 (2015, 2019),

7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Є.Ю. Переш, В.М. Різак, О.О. Семрад. Хімія твердого тіла. Ужгород: ТДВ «Патент», 2011. - 448 с.
2. Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Різак В.М., Худолій В.О. Гетерогенні рівноваги. Ужгород: ТДВ «Патент», 2004. - 278 с.
3. West, Anthony R. Solid state chemistry and its applications / Anthony R. West. – Second edition, student edition. Wiley & Sons, Ltd, 2014. - 584 p.
4. Brown M.E. Introduction to thermal analysis. Techniques and applications.–Kluvert Academic Pulishers, 2001.–264 p.
5. Барчій І.Є., Малаховська Т.О., Переш Є.Ю., Сабов М.Ю., Філеп М.Й. Системи Tl_2X-BX_2 , Tl_2X-BX (B – Si, Ge, Sn, Pb; X – S, Se, Te): фазові рівноваги та кристалічна структура проміжних сполук (монографія ISBN 978-617-7333-92-9) Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2019. 100 с.
6. С.В.Волков, Є.П.Ковальчук, В.М.Огенко, О.В.Решетняк Нанохімія, наносистеми, наноматеріали. К.:Наукова думка. 2008. 424 с.
7. Hatakeyama T., Liu Zhenhai. Handbook of thermal analysis.–Wiley, 1998.–471 p. Advanced Topics on Crystal Growth, Edited by Sukarno Olavo Ferreira.- 432 p. www.intechopen.com, <http://dx.doi.org/10.5772/46151>
8. Скубенич К., Біланич В., Погодін А., Філеп М. Електричні, структурні та механічні властивості суперіонних провідників: монографія. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 334 с. ISBN 978-617-8321-01-7.
9. Студеняк І.П., Краньчец М. Процеси розупорядкування в суперіонних провідниках зі структурою аргіродита. – Ужгород: Говерла, 2007. – 208 с.

Допоміжна література

1. Берча Д.М., Ворошилов Ю.В., Сливка В.Ю., Туряниця І.Д. Сложные халькогениды и халькогалогениды (получение и свойства). – Львов: Вища школа. Изд. при Львов. ун-те, 1983. – 184 с
2. Pecharsky V.K., Zavalij P.Y. Fundamentals of powder diffraction and structural characterization of materials. – Springer, 2005. – 713 p.
3. Студеняк І.П., Сусліков Л.М.. Оптичні властивості кристалічних та некристалічних матеріалів: навчальний посібник. Ужгород: Вид-во УжНУ “Говерла”, 2021 – 272 с. ISBN 978-617-7825-44-8
4. David W.I.F., Shankland K., McCusker L.B., Baerlocher C. Structure determination from powder diffraction data. – OUP, 2006. – 358 p.
5. Kraus, W.; Nolze, G. POWDER CELL – a Program for the Representation and Manipulation of Crystal Structures and Calculation of the Resulting X-ray Powder Patterns. *J. Appl. Cryst.* 1996. 29, pp. 301–303"
6. A. Altomare, C. Cuocci, C. Giacovazzo et al. EXPO 2013: a kit of tools for phasing crystal structures from powder data]. *J. Appl. Crystallogr.* 2013. 46, 1231–1235.
7. W.F. Kuhs, R. Nitsche, K. Scheunemann. The argyrodites – a new family of the tetrahedrally close-packed structures. *Mater. Res. Bull.* **14**, 241(1979).
8. T. Nilges, A. Pfitzner. A structural differentiation of quaternary copper argirodites: Structure – property relations of high temperature ion conductors. *Z. Kristallogr.* **220**, 281 (2005).
9. Mark E. Orazem, Bernard Tribollet. Electrochemical Impedance Spectroscopy, 2008, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey., P 518, DOI: 10.1002/9781119363682.

10. Capper, Peter. Bulk Crystal Growth: Methods and Materials./ Chapter In book: Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials (2017). DOI:10.1007/978-3-319-48933-9_12.
11. Studenyak I.P., Pogodin A.I., Studenyak V.I., Kokhan O.P., Azhniuk Y.M., Solonenko D., Daróczy L., Kökényesi S., Zahn D.R.T. Structural, electrical and optical properties of ion-conducting $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Cl}$, $\text{Na}_6\text{PS}_5\text{Br}$, and Na_7PS_6 compounds. *J. of Physics and Chemistry of Solids*. 2021. V. 159, № 110269.
12. I.P. Studenyak, A.I. Pogodin, V.I. Studenyak, O.P. Kokhan, Yu.M. Azhniuk, C. Cserháti, S. Kökényesi, D. R.T. Zahn. Synthesis and characterisation of new potassium-containing argyrodite-type compounds. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. 2019 V.22, 26-33
13. I.P.Studenyak, M.M.Luchynets, V.Yu.Izai, A.I.Pogodin, O.P.Kokhan, Yu.M.Azhniuk, D.R.T.Zahn. Structural and optical properties of $(\text{Cu}_6\text{PS}_5\text{Br})_{1-x}(\text{Cu}_7\text{PS}_6)_x$ mixed crystals. *J. Alloys and Compounds*. 2019. V.782. 586 – 591.
14. K.Seevakan, S.Bharanidharan Different Types of Crystal Growth Methods. *International J. of Pure and Applied Mathematics*. 2018. V. 119 (12). 5743-5758.
15. Патент України на винахід № 125568 «Спосіб одержання натрій гексатіосилікату Na_8SiS_6 » МПК С30В 13/14, С30В 29/10. № а202004898; заявл. 30.07.2020.; опубл. 20.04.2022., Бюл. №16. // Погодін А.І., Кохан О.П., Філеп М.Й., Студеняк І.П.
16. Патент України на винахід № 125569 «Спосіб одержання натрію пентатіосилікату хлориду $\text{Na}_7\text{SiS}_5\text{Cl}$ » МПК С30В 9/00, С30В 13/14, С30В 29/10. № а202004902; заявл. 30.07.2020.; опубл. 20.04.2022., Бюл. №16. // Погодін А.І., Кохан О.П., Філеп М.Й., Студеняк І.П.
17. Патент України на винахід № 126185 «Спосіб вирощування твердого розчину складу $\text{Ag}_{6.5}\text{P}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}\text{S}_5\text{I}$ методом спрямованої кристалізації з розплаву-розчину» МПК С30В 9/00, С30В 13/00, С30В 13/04. № а202101039; заявл. 02.03.2021; опубл. 25.08.2022, Бюл. №34. // Погодін А.І., Кохан О.П., Філеп М.Й., Студеняк І.П.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. www.nbu.gov.ua (бібліотека ім.В.І.Вернадського)
2. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> (бази даних спектрів ІЧ, КР, ЯМР, мас-спектрів неорганічних та органічних речовин)
3. <http://chemo.univer.kharkov.ua>
4. <http://chemunion.org.ua>
5. http://www.ccp14.ac.uk/ccp/web-mirrors/powdcell/a_v/v_1/powder/e_cell.html
6. <http://dspace.nbu.gov.ua> (Український хімічний журнал)
7. <https://jp-minerals.org/vesta/en/> VESTA

**Результати перегляду
робочої програми навчальної дисципліни**

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

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(І.Є.Барчій)

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

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(І.Є.Барчій)

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

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(І.Є.Барчій)

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

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(І.Є.Барчій)