

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра прикладної фізики**

УжНУ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з наукової роботи ДВНЗ

Студеняк І.П.
« 19 »  « 20 » року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
НЕОРГАНІЧНІ ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ: ОДЕРЖАННЯ ТА
ВЛАСТИВОСТІ**

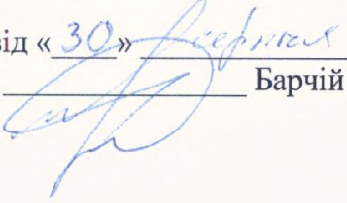
Рівень вищої освіти	третій(освітньо-науковий)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	102 Хімія
Освітня програма	Освітньо-наукова програма для здобувачів третього рівня вищої освіти «доктор філософії»
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2019

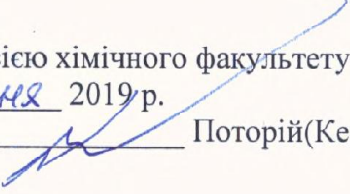
Робоча програма навчальної дисципліни «Неорганічні функціональні матеріали: одержання та властивості» для здобувачів третього рівня вищої освіти «доктор філософії»

Розробники: Сабов М.Ю., доц. к.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії
Переш Є.Ю., проф., д.х.н., професор кафедри неорганічної хімії

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри

протокол № 1 від «30» вересня 2019 р.
Завідувач кафедри  Барчій І.Є.

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету
протокол № 1 від «4» вересня 2019 р.

Голова науково-методичної комісії  Поторій(Кепич) М.В.

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 – 120	1-й	1-й
Кількість модулів – 4	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи аспіранта – 6	1-й, 2-й	1-й, 2-й
	Лекції:	
	30	10
	Практичні (семінарські):	
	30	-
Вид підсумкового контролю: 1-й семестр – залік 2-й семестр – іспит	Лабораторні:	
	-	-
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	120	80

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Неорганічні функціональні матеріали: одержання та властивості**» є формування у аспірантів базових знань в області хімії функціональних матеріалів, як дисципліни, що інтегрує хімічну і матеріалознавчу підготовку і забезпечують технологічні основи сучасних інноваційних сфер у галузі матеріалознавства, а також методичні підходи по розробці та дослідженню матеріалів; ознайомлення здобувачів з основними теоретичними і практичними уявленнями про властивості сучасних матеріалів, їх залежності від структури; ознайомлення здобувачів з сучасними проблемами фундаментального матеріалознавства і тенденціями його розвитку; формування у здобувачів навиків по одержанню, дослідженню та модифікації властивостей функціональних матеріалів.

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення дисципліни «**Неорганічні функціональні матеріали: одержання та властивості**» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

– **загальні компетенції:** здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1); навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-2); здатність проведення самостійних досліджень на сучасному рівні (ЗК-3); здатність до пошуку, обробки на аналізі інформації з різних джерел (ЗК-4); здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-5); здатність комунікації на фахову тематику з нефаківцями (ЗК-10).

– **фахові компетенції:** здатність застосовувати хімічні знання для систематизації різноманітних пов'язаних фактів і явищ (ФК-1); здатність визначати завдання хімічного дослідження (ФК-2); здатність вирізняти із накопичених спостережень відтворювані експериментальні факти (ФК-3); здатність створювати та порівнювати між собою хімічні та математичні моделі хімічних об'єктів, процесів та явищ (ФК-4); здатність оцінювати моделі з точки зору їх відповідності хімічним об'єктам процесам та явищам, для пояснення яких застосовуються дані моделі (ФК-5); вміння здійснювати комп'ютерне моделювання хімічних процесів, у тому числі із застосуванням існуючого програмного забезпечення (ФК-6); володіння експериментальними методиками дослідження матеріалів (ФК-7); знайомство з інформаційними технологіями та електронікою (ФК-8); володіння теоретичними методами, що застосовуються для дослідження хімічних систем та матеріалів (ФК-10).

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

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

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі хімії та суміжних галузей знань.	ПРН1.1
Праці провідних зарубіжних вчених, наукових шкіл та фундаментальних праць у галузі дослідження.	ПРН 1.2
Формулювати мету власного наукового дослідження в контексті світового наукового процесу, усвідомлювати його актуальність і значення для розвитку інших галузей науки, суспільно-політичного, економічного життя.	ПРН 2.1
Формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження.	ПРН 2.2
Проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.	ПРН 2.3

Формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.	ПРН 2.5
Формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.	ПРН 2.6
Аналізувати наукові праці в галузі хімії, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.	ПРН 2.7
Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми.	ПРН 2.8
Визначати інформаційну цінність джерел шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.	ПРН 2.9
Вести спілкування в діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою та громадськістю в галузі хімії.	ПРН 3.1
Кваліфіковано відображати результати наукових досліджень у наукових статтях у фахових виданнях, вести конструктивний діалог з рецензентами та редакторами.	ПРН 3.2
Професійно презентувати результати своїх досліджень на міжнародних наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій, інноваційній та педагогічній діяльності.	ПРН 3.3
Здатність працювати в команді, мати навички міжособистісної взаємодії.	ПРН 3.4
Ініціювати наукові та інноваційні комплексні проекти в галузі хімії, лідерство та автономність під час їх реалізації.	ПРН 4.1
Діяти, дотримуючись принципів соціальної відповідальності, на основі етичних міркувань (мотивів).	ПРН 4.2
Самовдосконалюватися, нести відповідальність за новизну наукових досліджень та прийняття експертних рішень.	ПРН 4.3
Приймати обґрунтовані рішення, мотивувати людей та рухатися до спільної мети.	ПРН 4.4

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни **«Неорганічні функціональні матеріали: одержання та властивості»:**

Шифр ОРН	Програмні результати навчання	Шифр ПРН
ОРН 1	Сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі хімії та суміжних галузей знань.	ПРН1.1
ОРН 2	Праці провідних зарубіжних вчених, наукових шкіл та фундаментальних праць у галузі дослідження.	ПРН 1.2
ОРН 3	Формулювати мету власного наукового дослідження в контексті світового наукового процесу, усвідомлювати його актуальність і значення для розвитку інших галузей науки, суспільно-політичного, економічного життя.	ПРН 2.1
ОРН 4	Формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження.	ПРН 2.2
ОРН 5	Проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.	ПРН 2.3
ОРН 6	Формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.	ПРН 2.5
ОРН 7	Формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної	ПРН 2.6

	проблеми.	
ОРН 8	Аналізувати наукові праці в галузі хімії, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.	ПРН 2.7
ОРН 9	Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми.	ПРН 2.8
ОРН 10	Визначати інформаційну цінність джерел шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.	ПРН 2.9
ОРН 11	Вести спілкування в діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою та громадськістю в галузі хімії.	ПРН 3.1
ОРН 12	Кваліфіковано відобразити результати наукових досліджень у наукових статтях у фахових виданнях, вести конструктивний діалог з рецензентами та редакторами.	ПРН 3.2
ОРН 13	Професійно презентувати результати своїх досліджень на міжнародних наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій, інноваційній та педагогічній діяльності.	ПРН 3.3
ОРН 14	Здатність працювати в команді, мати навички міжособистісної взаємодії.	ПРН 3.4
ОРН 15	Ініціювати наукові та інноваційні комплексні проекти в галузі хімії, лідерство та автономність під час їх реалізації.	ПРН 4.1
ОРН 16	Діяти, дотримуючись принципів соціальної відповідальності, на основі етичних міркувань (мотивів).	ПРН 4.2
ОРН 17	Самовдосконалюватися, нести відповідальність за новизну наукових досліджень та прийняття експертних рішень.	ПРН 4.3
ОРН 18	Приймати обґрунтовані рішення, мотивувати людей та рухатися до спільної мети.	ПРН 4.4

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 7 – усна відповідь, виконання практичних навичок.
ОРН 8 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
ОРН 9 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
ОРН 10 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
ОРН 11 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
ОРН 12 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
ОРН 13 – усна відповідь, виконання практичних навичок.
ОРН 14 – усна відповідь, виконання практичних навичок,

- ОРН 15 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
 ОРН 16 – усна відповідь, виконання практичних навичок,
 ОРН 17 – усна відповідь, виконання практичних навичок.
 ОРН 18 – усна відповідь, виконання практичних навичок.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком заняття;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- 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 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік (1-й семестр), екзамен (2-й семестр). До заліку та екзамену допускаються аспіранти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

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

Поточне оцінювання та самостійна робота			Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	60	100
20		20		

T1, T2, T3, – теми

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

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	60	100
	6	6	8		

T1, T2, T3, T4 – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі третього рівня вищої освіти (модуль 3)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	60	100
20	20				

T1, T2, T3, T4 – теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі третього рівня вищої освіти (модуль 4)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	60	100
7	7		6		

T1, T2, T3, T4 – теми

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3		Модуль 4	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	4	40	12	40	4	40	10	40
Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист)								
Комп'ютерне тестування при тематичному оцінюванні								
Письмове тестування при тематичному оцінюванні								
Презентація								
Реферат								
Есе								
...								
Модульна контрольна робота	2	60	2	60	2	60	2	60
Разом	6	100	14	100	6	100	12	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 кожний модуль становить 100 балів. Мінімальна кількість балів, за якої робота вважається виконаною, становить 60 балів.

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Презентація наукових результатів» здійснюється у виді заліку. Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „незараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо аспірант достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "не зараховано" - якщо аспірант викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, аспірант не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчаті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

За бажанням аспіранта результуюча підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

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

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

За результатами контролю знань здобувачів, дозволяється виставлення семестрової оцінки (без здачі) – «відмінно», «добре», та «задовільно» (D). Здобувач має право підвищити оцінку, складаючи іспит.

Залік виставляється (без складання) у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці «задовільно» (D).

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

Здобувачу з оцінкою FX дозволяється скласти 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.

Здобувачі, які одержали оцінку F по завершенню вивчення дисципліни (не виконали навчальну програму хоча б з одного модуля, або не набрали за поточну навчальну діяльність з модуля мінімальну кількість балів), повинні пройти повторне навчання за індивідуальним навчальним планом. Аспірант, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (0-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до залікової відомості.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Принципи пошуку та класифікації функціональних матеріалів.

Тема 1. Фізико-хімічні принципи конструювання нових матеріалів. Роль неорганічної хімії як фундаментальної основи створення нових функціональних матеріалів. Встановлення взаємозв'язку синтез – структура – властивість – практичне застосування як предмет дослідження матеріалознавства. Принципи конструювання неорганічних матеріалів: принцип періодичності зміни властивостей неорганічних сполук елементів, розташованих в порядку зростання атомного номера; принципи хімічної, термодинамічної і структурної подібності; принципи фізико-хімічного аналізу, зокрема щодо принципів безперервності, відповідності та сумісності компонентів рівноважної системи; принцип обмеження числа незалежних параметрів стану в рівноважній системі; принцип структурного розупорядкування та мінливості складу; принцип хімічного, структурного і фазового ускладнення системи; принцип хімічної, гранулометричної і фазової однорідності; принцип еквівалентності джерел безладу в умовах мінімізації вільної енергії системи; принцип однакового ефекту різних фізико-хімічних впливів; принцип нерівноцінності об'ємних і поверхневих властивостей твердих тіл; принцип метастабільного різноманіття фізико-хімічних систем.

Тема 2. Класифікація неорганічних матеріалів. Класифікація матеріалів за складом: металеві матеріали, неметалеві неорганічні матеріали, керамічні матеріали, композити. Класифікація матеріалів за структурною ознакою: монокристали, плівкові матеріали, наноматеріали. Класифікація матеріалів за властивостями і функціями: матеріали з електричними функціями, матеріали з магнітними функціями, матеріали з оптичними функціями, матеріали з біологічними функціями, матеріали з хімічними функціями, матеріали з теплофізичними функціями. Квазікристалічні та аморфні матеріали.

Тема 3. Класифікація наноструктурованих матеріалів. Загальні відомості про наночастинки. Базові поняття нанохімії та нанотехнологій. Тенденції та перспективи розвитку нанонауки. Прояв нанорозмірного ефекту у нанооб'єктах. Основні типи нанооб'єктів та наносистем на їх основі. Класифікація нанооб'єктів згідно стандартів ISO/TC 27687:2008 та 80004:2010. Ієрархія «класифікаційного дерева» у нанотехнологіях. Типові структури нанооб'єктів.

Модуль 2. Методи вивчення властивостей функціональних матеріалів

Тема 1. Загальна характеристика методів дослідження неорганічних функціональних матеріалів. Принципи параметризації неорганічних функціональних матеріалів. Характеристики неорганічних функціональних матеріалів і методи їх дослідження. Дифракційні методи дослідження: загальна характеристика рентгенографії, електроннографії та нейтронографії. Мікроскопічні методи дослідження: оптична мікроскопія, електронна мікроскопія. Спектральні методи аналізу: коливна спектроскопія, електронна спектроскопія, рентгеноспектральні методи. Імпедансна спектроскопія.

Тема 2. Рентгенівські методи дослідження. Основи порошкової дифракції. Метод порошкової дифракції, теоретичні основи методу та застосування. Характеристики порошкограм (кут дифракції (міжплощинна відстань), інтенсивність, форма (профіль) лінії) фактори, що на них впливають. Вплив розмірів кристалітів на загальний вид порошкограм. Розрахунок теоретичної дифрактограми у програмі powderCell. Здійснення фазового аналізу шляхом співставлення експериментальної та теоретично розрахованих дифрактограм. Кількісний рентгенівський фазовий аналіз.

Тема 3. Розрахунок структурних параметрів за порошкограмами. Індексуння порошкограм шляхом співставлення із теоретично розрахованою. Розрахунок параметрів

елементарної ґратки у програмах Dicsvol та UnitCell за результатами індексації порошкограм. Уточнення кристалічної структури по порошкограмі. Візуалізація структур у програмі Vesta та визначення структурних особливостей (міжатомні віддалі, координаційне оточення, розподіл електронної густини).

Тема 4. Термічні методи дослідження. Фізико-хімічні основи термічних методів аналізу. Особливості та області застосування термогравиметрії (ТГ), диференційно-термічного аналізу (ДТА), диференціальної скануючої калориметрії (ДСК). Вивчення впливу різних факторів (швидкості нагріву зразка, його маси, дисперсності, тощо) на вид термічних кривих в методах ТГ і ДТА. ДТА криві склоподібних речовин. Можливості використання ДТА для вивчення взаємодії компонентів у процесі взаємодії.

Модуль 3. Властивості неорганічних функціональних матеріалів

Тема 1. Електричні властивості та зонна структура твердих тіл. Механізм електропровідності твердих речовин. Зонна структура металів, напівпровідників та діелектриків. Ефект Холла. p та n – типу напівпровідники. Розрахунок енергії активації та ширини забороненої зони за даними температурної залежності електропровідності. Основні типи напівпровідникових матеріалів та вимоги до них. Діелектричні властивості та матеріали. Найважливіші діелектричні характеристики матеріалів. Сегнето-, п'єзо та піроелектрики. Застосування діелектриків.

Тема 2. Термоелектричні явища та матеріали. Термоелектричні явища (ефекти Томсона, Пельтьє, Зеєбека) та їх практичне використання. Класифікація термоелектричних матеріалів за різними ознаками. Характеристики, що визначають термоелектричну ефективність матеріалів (термоелектрична добротність, термосила). Фізичні та хімічні аспекти підвищення термоелектричної добротності матеріалів та критерії пошуку нових термоелектричних матеріалів. Шляхи оптимізації термоелектричних параметрів.

Тема 3. Магнітні та оптичні властивості твердотільних матеріалів. Поведінка речовин у магнітному полі. Природа діа- і парамагнетизму. Вплив температури. Закони Кюрі і Кюрі-Вейса. Розрахунок величини магнітного моменту. Механізм ферро- і антиферромагнітного упорядкування. Ферромагнетизм. Основні структурні типи магнітних матеріалів. Принципи пошуку нових магнітних матеріалів. Застосування магнітних матеріалів. Явище надпровідності. Надпровідні матеріали. Теорії надпровідності. Види взаємодії світла з твердим тілом. Оптичні константи. Поглинання світла кристалами. Деякі фосфоруючі матеріали. Люмінесценсія і люмінофори. Антистоксовські люмінофори. Лазерний ефект та лазерні матеріали. Спонтанне і індикуване випромінювання. Суть лазерного ефекту. Твердотільні лазери.

Тема 4. Іонні провідники. Критерії виникнення суперіонного стану твердих тіл. Типові іонні кристали: галогеніди лужних металів, фториди лужноземельних металів, аргентум хлорид. Тверді електроліти, суперіонні провідники. Найважливіші типи аніонних та катіонних провідників. Методи дослідження іонних провідників. Електронно-іонні провідники. Катодні матеріали літєвих батарей. Протонні провідники. Застосування твердих електролітів у хімічних джерелах струму, у сенсорних системах та гальванічних ланцюгах, що застосовуються для вивчення термодинаміки твердофазних реакцій, кисневих мембранах.

Модуль 4. Методи одержання неорганічних функціональних матеріалів

Тема 1. Методи очистки речовин. Вимоги до чистоти вихідних речовин при одержанні функціональних матеріалів. Класифікація, стандартизація та маркування речовин по ступені чистоти. Правила поводження з матеріалами високої чистоти та їх зберігання. Тара, контейнери. Спецодяг робочого персоналу, робочий режим. Загальна характеристика методів очистки матеріалів і реактивів. Відкрита переплавка, переплавка у вакуумі, перегонка (дистиляція), возгонка (сублімація), фільтрування, адсорбційне співосадження із розчину, рідинна екстракція, хроматографічні методи очистки, електроліз, перекристалізація із розчину,

направлена кристалізація, зонне топлення. Селективне розчинення. Осадження. Відновлення. Термічна дисоціація (карбонільна, гідридна, йодидна технології). Хімічні транспортні реакції як метод очистки.

Тема 2. Синтез речовин у замкнутій системі. Деякі питання вакуумної техніки. Практика створення вакууму. Основні поняття про вакуум. Вакуумні насоси. Основні параметри вакуумних насосів. Вакуумметри та їх налаштування. Вакуумні матеріали та конструкції. Вакуумні системи та техніка їх монтажу. Використання вакууму в хімічній технології. Особливості синтезу речовин у замкнутій системі. Однотемпературний і двохтемпературний методи синтезу. Контейнери для синтезу; вимоги до матеріалів, з яких вони виготовляються. Вибір методу синтезу в залежності від природи і властивостей вихідних речовин та цільових продуктів.

Тема 3. Методи вирощування об'ємних кристалів. Хімічні транспортні реакції (ХТР) як метод синтезу. Вирощування монокристалів методом ХТР. Пар – рідина – кристал (ПРК) технологія як модифікація методу ХТР. Вирощування ниткоподібних кристалів кремнію технологією ПРК. Вимоги до властивостей вихідних компонентів, природи та концентрації «транспортера», температурного режиму. Фізико-хімічні основи вирощування кристалів з розплаву. Кінетика кристалізації з розплавів. Повздовжній і радіальний градієнти температур. Розподіл домішок при вирощуванні кристалів. Контейнерні матеріали. Вибір режиму кристалізації та відпалу. Класифікація методів вирощування кристалів з розплавів. Метод направленої кристалізації Бріджмена: вибір матеріалу та форми контейнера, температурного режиму, особливості вирощування монокристалів сполук із інконгруентним характером плавлення. Розробки оптимального режиму синтезу.

Тема 4. Методи одержання наноструктурованих матеріалів. Методи отримання наноматеріалів «знизу - вгору» і «зверху - вниз». Зародкоутворення в газовій фазі і конденсованих середовищах. Причини низької стійкості речовин в нанокристалічному стані. Способи захисту наночастинок від агрегації і зовнішніх дій. Синтез в колоїдних системах. Синтез наночастинок металів з плазмонним резонансом. Хімічні методи синтезу - золь-гель метод, піроліз аерозолів, гідротермальна обробка, надкритична сушка, кріохімічна технологія. Механізми осадження і зростання тонких плівок. Уявлення про поширених методах отримання тонких плівок: PVD (термічне, магнетрон розпилювання, лазерна абляція тощо.), CVD / MOCVD (хімічне осадження).

5.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього 180	у тому числі				
		Лекції 30	практичні (семінарські) 30	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота 120
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Фізико-хімічні принципи конструювання нових матеріалів.	14	2	2			10
Тема 2. Класифікація неорганічних матеріалів.	15	2				13
Тема 3. Класифікація наноструктурованих матеріалів.	16	2	2			12
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	45	6	4			35
Модуль 2						
Тема 1. Загальна характеристика методів дослідження неорганічних функціональних матеріалів.	8	2				6
Тема 2. Рентгенівські методи дослідження. Основи порошкової дифракції.	12	2	4			6
Тема 3. Розрахунок структурних параметрів за порошкограмми.	12	2	4			6
Тема 4. Термічні методи дослідження.	13	2	4			7
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	45	8	12			25
Разом за 1-й семестр	90	14	16			60
2-й семестр						
Модуль 3						
Тема 1. Електричні властивості та зонна структура твердих тіл.	10	2	2			6
Тема 2. Термоелектричні явища та матеріали.	13	2	2			9
Тема 3. Магнітні та оптичні властивості твердотільних матеріалів.	11	2				9
Тема 4. Іонні провідники.	11	2				9
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	45	8	4			33
Модуль 4						
Тема 1. Методи очистки речовин.	12	2	4			6
Тема 2. Синтез речовин у замкнутій системі.	10	2				8
Тема 3. Методи вирощування об'ємних кристалів.	12	2	4			6
Тема 4. Методи одержання наноструктурованих матеріалів.	11	2	2			7
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	45	8	10			27
Разом за 2-й семестр	90	16	14			60
Разом за два семестра	180	30	30			120

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: заочна					
	Усього 90	у тому числі				
		Лекції 10	практичні (семінарські) 30	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота 80
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Фізико-хімічні принципи конструювання нових матеріалів.	7,5	0,5				7
Тема 2. Класифікація неорганічних матеріалів.	5,5	0,5				5
Тема 3. Класифікація наноструктурованих матеріалів.	9	1				8
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	22	2				20
Модуль 2						
Тема 1. Загальна характеристика методів дослідження неорганічних функціональних матеріалів.	5,5	0,5				5
Тема 2. Рентгенівські методи дослідження. Основи порошкової дифракції.	4,5	0,5				4
Тема 3. Розрахунок структурних параметрів за порошкограмами.	6	1				5
Тема 4. Термічні методи дослідження.	7	1				6
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	23	3				20
Разом за 1-й семестр	45	5				40
2-й семестр						
Модуль 3						
Тема 1. Електричні властивості та зонна структура твердих тіл.	4,5	0,5				4
Тема 2. Термоелектричні явища та матеріали.	7,5	1				6,5
Тема 3. Магнітні та оптичні властивості твердотільних матеріалів.	4,5	0,5				4
Тема 4. Іонні провідники.	5,5	0,5				5
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	22	2,5				19,5
Модуль 4						
Тема 1. Методи очистки речовин.	4,5	0,5				4
Тема 2. Синтез речовин у замкнутій системі.	6,5	1				5,5
Тема 3. Методи вирощування об'ємних кристалів.	6,5	0,5				6
Тема 4. Методи одержання наноструктурованих матеріалів.	5,5	0,5				5
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	23	2,5				20,5
Разом за 2-й семестр	45	5				40
Разом за два семестра	90	10				80

5.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Принципи та методологія пошуку нових функціональних матеріалів.	2	
2.	Типи структур нанооб'єктів.	2	
3.	Розрахунок теоретичної дифрактограми у програмі Powder Cell 2.4 (знайомлення із інтерфейсом програми, створення файлу із структурою, ввід структурних даних, налаштування параметрів експерименту, розрахунок теоретичної дифрактограми).	4	
4.	Кількісний фазовий аналіз у програмі Powder Cell 2.4 (методика повно профільного аналізу індивідуальної сполуки у програмі, кількісний аналіз суміші фаз)	4	
5.	Термічні методи аналізу (визначення температури, ентальпії та ентропії фазового переходу, дослідження взаємодії компонентів при синтезі методом ДТА)	4	
6.	Визначення енергії активації за експериментальними даними температурної залежності електропровідності.	2	
7.	Шляхи оптимізації термоелектричної ефективності термоелектричних матеріалів.	2	
8.	Очистка речовин методом направленої кристалізації.	4	
9.	Вирощування монокристалу із розплаву методом Бріджмена.	4	
10.	Синтез наночастинок металів у розчині та дослідження їх оптичних характеристик.	2	
Разом		30	-

5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1.	Роль неорганічної хімії як фундаментальної основи створення нових функціональних матеріалів.	3	2
2.	Принципи безперервності, відповідності та сумісності компонентів рівноважної системи при пошуку функціональних матеріалів	3	3
3.	Обмеження числа незалежних параметрів стану в рівноважній системі як принцип конструювання матеріалів.	4	3
4.	Квазікристалічний стан.	5	2
5.	Специфіка аморфного та склоподібного станів.	3	2
6.	Критерії скло утворення.	5	2
7.	Базові поняття нанотехнологій згідно стандартів ISO/TC 27687:2008 та 80004:2010.	5	2
8.	Структура металевих нанокластерів. Магічні числа атомів у нанокластерах металів.	4	2
9.	Явище плазмонного резонансу у наночастинках металів.	3	2
10.	Дифракційні методи дослідження.	2	2
11.	Оптична мікроскопія.	2	2
12.	Спектральні методи аналізу	2	2

13.	Порошкові дифрактометри (принцип роботи, параметри, що задаються при зйомці порошкограм).	3	2
14.	Знайомлення із інтерфейсом програми powderCell 2.4	3	2
15.	Індексування порошкограм шляхом співставлення із теоретично розрахованою.	2	2
16.	Розрахунок параметрів елементарної ґратки у програмах Dіcvol та UnitCell.	2	2
17.	Візуалізація структур у програмі Vesta.	2	2
18.	ДТА криві склоподібних речовин.	2	2
19.	Вплив різних факторів на вид термічних кривих в методі ДТА.	2	2
20.	Встановлення температури, ентальпії та ентропії фазового переходу по експериментальній термограмі.	3	2
21.	Зонна структура та електропровідності металів, напівпровідників та діелектриків.	3	2
22.	Сегнето-, п'єзо та піроелектричні ефекти.	3	2
23.	Класифікація термоелектричних матеріалів.	4	2
24.	Шляхи оптимізації термоелектричних параметрів.	5	3
25.	Структурні типи магнітних матеріалів.	3	2
26.	Явище надпровідності.	3	2
27.	Лазерний ефект та лазерні матеріали.	3	2
28.	Суперіонний стан твердих тіл.	3	2
29.	Найважливіші типи аніонних та катіонних провідників.	3	2
30.	Методи дослідження іонних провідників.	3	2
31.	Класифікація, стандартизація та маркування речовин по степені чистоти.	3	2
32.	Правила поводження з матеріалами високої чистоти та їх зберігання.	3	2
33.	Основні поняття про вакуум. Основні параметри вакуумних насосів.	2	2
34.	Однотемпературний і двохтемпературний методи синтезу.	3	2
35.	Вибір умов та методу синтезу в залежності від природи і властивостей вихідних речовин та цільових продуктів.	3	2
36.	Хімічні транспортні реакції (ХТР) як метод синтезу та вирощування монокристалів.	3	2
37.	Фізико-хімічні основи вирощування кристалів з розплаву.	3	2
38.	Фізичні та хімічні методи синтезу наноструктурованих матеріалів.	4	2
39.	Синтез наночастинок металів із розчинів.	3	2
	Разом	120	80

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

Технічні засоби: Мультимедійний проектор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft PowerPoint.

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. Угай Я.А. Введение в химию полупроводников. М.: Высшая школа, 1975.- 302 с.
3. Практикум по химии и технологии полупроводников. Под ред. Угая Я.А. М.: Высшей школа, 1978.
4. Чеботин В.Н. Физическая химия твердого тела. М.: Химия, 1982. – 320 с.
5. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения: В 2-х ч. Ч. 1: М.: Мир, 1988. – 558 с., Ч. 2: М.: Мир, 1988. – 336 с.
6. Л.Н.Розанов. Вакуумная техника. -М.: Высшая школа, 1990. -343с.
7. Б.Д.Степин, И.Г.Горнштейн и др. Методы получения особо чистых неорганических веществ. -М.: Химия, 1989.-612с.
8. К.Г.Вильке. Выращивание кристаллов. -Л.: Недра, 1979.-656с.
9. Рао Ч. Н. Р., Гоплакришнан Дж. Новые направления в химии твердого тела: Структура, синтез, свойства, реакционная способность и дизайн материалов. Новосибирск: Наука. Сиб.отд., 1990. – 520 с.
10. Кнотько А.В., Пресняков И.А., Третьяков Ю.Д. Химия твердого тела: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Изд. центр «Академия», 2006. – 304 с.
11. Третьяков Ю.Д., Путляев В.И. Введение в химию твердофазных материалов : учеб. пособие. М. : Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. - 400 с.
12. West, Anthony R. Solid state chemistry and its applications / Anthony R. West. – Second edition, student edition. Wiley & Sons, Ltd, 2014. -584 p.
13. С.В.Волков, Є.П.Ковальчук, В.М.Огенко, О.В.Решетняк Нанохімія, наносистеми, наноматеріали. К.:Наукова думка. 2008. 424 с.
14. Нанохімія: підручник для студентів хімічних факультетів педагогічних університетів / Уклад. Т.І.Хорошилова, В.О.Хромишев, С.В.Рябов, О.О.Хромишева.–Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б.Хмельницького, 2014.–206 с.
15. Вильке К.Т. Методы выращивания кристаллов. Л.: Недра, 1977. – 600 с.
16. Brown M.E. Introduction to thermal analysis. Techniques and applications.–Kluvert Academic Pulishers, 2001.–264 p.

Допоміжна література

1. 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.
2. Momma K., Izumi F. VESTA 3 for three-dimensional visualization of crystal, volumetric and morphology data. *J. Appl. Crystallogr.* 2011, 44, 1272-1276.
3. Hatakeyama T., Liu Zhenhai Handbook of thermal analysis.–Wiley, 1998.–471 p.
4. Pecharsky V.K., Zavalij P. Y. Fundamentals of powder diffraction and structural characterization of materials.–Springer, 2005.–713 p.
5. David W.I.F., Shankland K., McCusker L.B., Baerlocher C. Structure determination from powder diffraction data.–OUP, 2006.–358 p.
6. Powder Cell <http://www.ccp14.ac.uk/tutorial/powdcell/>
7. Crystallography Open Database (COD) – <http://www.crystallography.net/>.
8. "POWDER CELL — a Program for the Representation and Manipulation of Crystal Structures and Calculation of the Resulting X-ray Powder Patterns" Kraus, W.; Nolze, G. *J. Appl. Cryst.* (1996). 29, pp. 301—303.
9. W.F. Kuhs, R. Nitsche, K. Scheunemann. The argyrodites – a new family of the tetrahedrally close-packed structures. *Mater. Res. Bull.* **14**, 241(1979).
10. T. Nilges, A. Pfitzner. A structural differentiation of quaternary copper argyrodites: Structure – property relations of high temperature ion conductors. *Z. Kristallogr.* **220**, 281 (2005).
11. Mark E. Orazem, Bernard Tribollet. Electrochemical Impedance Spectroscopy, 2008, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey., P 518, DOI: 10.1002/9781119363682.
12. Иванов-Шиц А.К., Мурин И.В. Ионика твердого тела. Т.2 / СПб.: СПбГУ, 2000. - 650 с.
13. Иванов-Шиц А.К., Мурин И.В. Ионика твердого тела. Т.2 / СПб.: СПбГУ, 2010. - 1000 с.
14. Студеняк І.П., Краньчєц М. Процеси розупорядкування в суперіонних провідниках зі структурою аргіродита. – Ужгород: Говерла, 2007. – 208 с.
15. Yang J., Xi L., Qiu W., Wu L., Shi X., Chen L., Yang J., Zhang W., Uher C., Singh D.J On the tuning of electrical and thermal transport in thermoelectrics: an integrated theory–experiment perspective // *Computational Materials.*–2016.–V.2 (1).–P. 15015: 1-17.
16. Wei T.-R., Wu C.-F., Li F., Li J.-F. Low-cost and environmentally benign selenides as promising thermoelectric materials // *J. Materiomics.*–2018.–V.4(4).–P.304-320.
17. Yang J., Xi L., Qiu W., Wu L., Shi X., Chen L., Yang J., Zhang W., Uher C., Singh D.J On the tuning of electrical and thermal transport in thermoelectrics: an integrated theory–experiment perspective // *Computational Materials.*–2016.–V.2 (1).–P. 15015: 1-17.
18. Wei T.-R., Wu C.-F., Li F., Li J.-F. Low-cost and environmentally benign selenides as promising thermoelectric materials // *J. Materiomics.*–2018.–V.4(4).–P.304-320.
19. А.В.Дмитриев, И.П.Звягин Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов // *Успехи физических наук.* – 2008.– Т.180.– С.221-238.
20. А.В.Шевельков Химические аспекты создания термоэлектрических материалов // *Успехи химии.* – 2008.– Т.71(1).– С.3-21.
21. G. Jeffrey Snyder Eric S. Toberer Complex thermoelectric materials // *Nature materials.*–2008.– V.7.–P.105-114.
22. Khalid Bin Masood, Pushpendra Kumar, R.A.Singh, and Jai Singh Odyssey of thermoelectric materials: foundation of the complex structure // *J. Phys. Commun.* 2 (2018) 062001.
23. Твердотільний елемент для формування підвищеної термо-ЕРС / Деклараційний патент України № 59973-А Н01L35/00. Беца В.В., Сабов М.Ю.- Опубл. 15.09.2003.- Бюл. №9.
24. Спосіб покращення термоелектричної добротності монокристалів талій (І) тритіостанату Tl_2SnS_3 / Пат. 42908 Україна МПК (2009) Н 01 L 35/00. заявник і власник патенту ДВНЗ “УжНУ”. - №42908; – Малаховська Т.О., Сабов М.Ю., Переш Є.Ю., Галаговець І.В., Беца В.В. заявл. 04.03.09.; опубл. 27.07.09., Бюл. №14.

25. Термоелектричний матеріал / Пат. 91653 Україна МПК Н 01 L 35/12. заявник і власник патенту ДВНЗ “УжНУ”. - №9165; – Глух О.С., Барчій І.Є., Сабов М.Ю., Цигика В.В., Галаговець І.В., Беца В.В. заявл. 06.07.09.; опубл. 10.08.10., Бюл. №2.
26. Спосіб покращення термоелектричної добротності монокристалів талій (I) тетраїостанату Tl_4SnS_4 / Пат. 50095 Україна МПК Н 01 L 35/00. заявник і власник патенту ДВНЗ “УжНУ”. - №50095; – Малаховська Т.О., Сабов М.Ю., Переш Є.Ю., Галаговець І.В., Беца В.В. заявл. 30.11.09.; опубл. 25.05.10., Бюл. №10.
27. Термоелектричний матеріал на основі твердого розчину в системі $Tl_4SnSe_4-Tl_9BiSe_6$ / Пат. 59606 Україна МПК Н 01 L 35/00. Заявник і власник патенту ДВНЗ “УжНУ”. - № 56825; – Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Сабов М.Ю., Беца В.В., Цигика В.В.; – заявл. 26.10.2010; опубл. 25.05.2011., Бюл. № 10.
28. Термоелектричний матеріал на основі евтектичного композиту системи $SnSe_2-Bi_2Se_3$ / Пат. 56815 Україна МПК Н 01 L 35/00. Заявник і власник патенту ДВНЗ “УжНУ”. - № 56815; – Козьма А.А., Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Сабов М.Ю., Беца В.В., Цигика В.В.; – заявл. 19.07.2010; опубл. 25.01.2011., Бюл. № 2.
29. K.Seevakan, S.Bharanidharan Different Types of Crystal Growth Methods // International Journal of Pure and Applied Mathematics.- 2018.- V. 119 (12).- P.5743-5758.
30. Advanced Topics on Crystal Growth, Edited by Sukarno Olavo Ferreira // www.intechopen.com, <http://dx.doi.org/10.5772/46151>. - 432 p.
31. 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.
32. Спосіб одержання термоелектричного матеріалу на основі монокристалів тетраїостанату талію (I) Tl_4SnS_4 / Пат. 96629 Україна МПК Н 01 L 35/14. заявник і власник патенту ДВНЗ “УжНУ”. - №96629; – Малаховська Т.О., Сабов М.Ю., Переш Є.Ю., Галаговець І.В., Беца В.В. заявл. 30.11.09.; опубл. 25.11.11., Бюл. №22.
33. Пат. 95645 Україна МПК Н 01 L 35/14 Спосіб одержання термоелектричного матеріалу у вигляді твердого розчину на основі монокристалів тритіостанату талій (I) / Малаховська Т.О., Сабов М.Ю., Переш Є.Ю., Галаговець І.В., Беца В.В., заявник і власник патенту ДВНЗ “УжНУ”. - №95645; заявл. 04.03.09.; опубл. 25.08.11., Бюл. №16.
34. Патент України на корисну модель №135943 «Спосіб одержання калій пентатіофосфату (V) K_7PS_6 » МПК С30В 9/00, С30В 13/00. № u201901643; заявл. 18.02.19.; опубл. 25.07.19., Бюл. №14. // Погодін А.І., Кохан О. П., Філеп М.Й., Студеняк І.П.
35. Патент України на корисну модель №135942 «Спосіб одержання натрійпентатіофосфату (V) Na_7PS_6 » МПК С30В 9/00, С30В 13/00. № u201901638; заявл. 18.02.19.; опубл. 25.07.19., Бюл. №14. // Погодін А.І., Кохан О. П., Філеп М.Й., Студеняк І.П.
36. Патент України на корисну модель №135937 «Спосіб одержання натрій пентатіофосфату (V) броміду Na_6PS_5Br » МПК С30В 9/00, С30В 13/00. № u201901615; заявл. 18.02.19.; опубл. 25.07.19., Бюл. №14. // Погодін А.І., Кохан О. П., Філеп М.Й., Студеняк І.П.
37. Патент України на корисну модель №135935 «Спосіб одержання калій (I) пентатіофосфату (V) броміду K_6PS_5Br » МПК С30В 9/00, С30В 13/00. № u201901609; заявл. 18.02.19.; опубл. 25.07.19., Бюл. №14. // Погодін А.І., Кохан О. П., Філеп М.Й., Студеняк І.П.