

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЗАГАЛЬНОЇ ТА НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ ім.В.І.ВЕРНАДСЬКОГО

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Вченою радою Інституту загальної та неорганічної хімії  
ім. В.І. Вернадського НАН України  
протокол № 8  
від « 04 » вересня 2025 року

Голова Вченої ради Інституту

 Сергій СОЛОПАН



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (СИЛАБУС)  
ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ОКСИДНИХ СИСТЕМ**

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти: **Третій (освітньо - науковий)**

Галузь знань: **10 Природничі науки**

Спеціальність: **102 Хімія**

Освітньо- наукова програма: **Неорганічна і координаційна хімія, фізична хімія, електрохімія**

Київ  
2025

Робоча програма навчальної дисципліни «Функціональні матеріали на основі оксидних систем» - Київ, 2025. – 16 с.

РОЗРОБНИКИ РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

Білоус Анатолій Григорович

доктор хімічних наук, професор, академік НАН України



(підпис)

Погоджено із гарантом ОНП



Анатолій ОМЕЛЬЧУК

Програму затверджено на засіданні Вченої ради  
Інституту загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України  
протокол № <sup>8</sup>  
від «04» вересня 2025 року

Вчений секретар Інституту



Людмила ЛИСЮК

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни
Загальна кількість:	<i>Дисципліна вільного вибору</i>
кредитів – 6	<i>Рік підготовки другий</i>
годин – 180	<i>Лекції- 40 годин</i>
змістовних модулів – 1	<i>Практичні-10 годин</i>
	<i>Консультації-10 год</i>
	<i>Самостійна робота – 120 год</i>
	Форма підсумкового контролю: <i>екзамен</i>

**Функціональні матеріали на основі оксидних систем** - це матеріали сучасної техніки, які володіють певним рівнем фізико-хімічних властивостей, які в сукупності забезпечують використання цих матеріалів в якості робочого елемента або деталі в певному пристрої, приладі або конструкції.

Функціональні матеріали - широкий клас речовин, які використовуються в найрізноманітніших областях сучасного життя: від мікроелектроніки до аерокосмічної промисловості і мають цілком певні, необхідні фізичні в хімічні властивості. Для розуміння процесів, що призводять до появи тих чи інших властивостей конкретної речовини, потрібно знати її атомну структуру. Створення оптимального матеріалу вимагає посилення або придушення будь-яких властивостей у вже наявному матеріалі («тюнінг») і неможливий без залучення сучасних експериментальних і теоретичних підходів.

Актуальною задачею є оволодіння базою сучасних теоретичних і експериментальних аналітичних методів.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** Формування знань і вмінь в області неорганічного матеріалознавства функціональних матеріалів на основі оксидних систем. Освоєння навчальної програми з навчальної дисципліни. Освоєння методів отримання функціональних матеріалів для практичного їх використання та виявлення основних закономірностей створення функціональних неорганічних матеріалів з заданими властивостями

Формування навичок і вмінь практичного використання отриманих знань, використання нових методів та підходів до вирішення різноманітних наукових і прикладних проблем, пов'язаних з неорганічною хімією.

**Завдання** Освоєння методів отримання функціональних оксидних матеріалів для практичного їх використання в області неорганічного матеріалознавства;

Сформувати навички і вміння практичного використання отриманих знань.

Вивчити методи, підходи до вирішення різноманітних наукових і прикладних проблем, пов'язаних з отриманням функціональних матеріалів та основі оксидних систем.

Вивчити структурні особливості кристалічних неорганічних функціональних матеріалів і їх зв'язок з природою хімічного зв'язку і електрофізичними властивостями матеріалів.

**Предмет дисципліни:** хімія матеріалів

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних компетентностей:

*а) загальних :*

ЗК1, ЗК2, Зк4, ЗК5, ЗК6, ЗК7

*б) спеціальних/фахових (СК/ФК):.*

Ск1, СК2, СК4, СК5, СК7, СК8, Ск10, СК11, СК13.

**Програмні результати навчання (ПРН):** ПРН 2, ПРН 3, ПРН 5, ПРН 7, ПРН 14, ПРН 15, ПРН 16, ПРН 17, ПРН 19, ПРН 20, ПРН21, ПРН23, ПРН27, ПРН28.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен:

**Знати:** Неорганічна хімія. Структура перовскиту. Геометричні умови існування структури перовскиту. Класифікація сполук зі структурою перовскиту. Неорганічні функціональні матеріали, області застосування. Поняття про магнітні матеріали. Типи спонтанного впорядкування. Методи синтезу феромагнітних матеріалів - твердофазний синтез, синтез із розчинів. Особливості золь-гель методу, синтезу з мікроемульсій. Кріометод. Відмінності між магнітними сплавами та феритами. Крива намагнічування. Суперпарамагнітний стан. Фізичний зміст температури блокування. Оксидативний стрес. Антиоксидантні властивості матеріалів. Структурні особливості; виникнення суперіонного стану; фактори що впливають на транспортні

властивості; особливості використання. Основні класи складних оксидів з  $\text{Li}$ -провідністю. Вимоги до твердих електролітів. Методи їх отримання. Вимоги до твердотільного акумулятора. Природа позисторного ефекту, вплив гетеровалентних заміщень у катіонних підгратках на умови виникнення позисторного ефекту; взаємозв'язок мікроструктури кераміки, хімічного складу і величини варисторного ефекту у позисторах; особливості застосування позисторів. Прямий та обернений п'єзоефект. В яких точкових групах не виникає п'єзоефект? Поляризація п'єзоматеріалів. Основи теорії надпровідності. Історія і загальні положення теорії надпровідності. Основні теоретичні положення теорії надпровідності. Типи та технологія отримання надпровідників. Використання ВТСП в пристроях. Структура органо-неорганічного перовскиту. Толеранс-фактор. Визначення толеранс-фактору для органо-неорганічних перовскитів із неорганічними та органічними (молекулярними) аніонами. Фазові перетворення. Методи синтезу перовскитів. Особливості синтезу перовскитів методами одно- та двостадійного осадження та ін. Вимоги до розчинників. Властивості органо-неорганічних перовскитів. Стійкість органо-неорганічних перовскитів. Вплив розчинника та співвідношення вихідних реагентів, добавок, полімерів на стійкість перовскитів до дії зовнішніх чинників. Капсулювання елементу. Вплив заміщення катіонів та аніонів на стійкість перовскиту. Будова сонячного елементу. Фотовольтаїчний ефект. Основні покоління напівпровідників, їх відмінності. Основні типи конструкцій сонячних елементів на основі органо-неорганічних перовскитів, їх особливості та переваги. Вимоги до напівпровідників  $n$ - та  $p$ -типу. Рівень Фермі в напівпровіднику. «Збагачення» та «збідення» в напівпровідниках. Основні напрямки дослідження органо-неорганічних перовскитів. Підвищення стабільності сонячних елементів на основі перовскитів. Підвищення електрофізичних характеристик матеріалів. Тандемні структури. Твердофазний метод, золь-гель метод, метод осадження. Переваги та недоліки методів. Елементи симетрії кристалів. Структура кристалів та просторова гратка. Теореми про поєднання елементів симетрії. Кристалографічні категорії, сингонії, системи осей координат. Поняття про просторові та граничні групи симетрії. Принцип суперпозиції Кюрі.

**Вміти:** Використовувати набуті знання про функціональні матеріали для виконання стратегічних і поточних завдань у широкому діапазоні робочих ситуацій та повсякденному житті.

### **Міждисциплінарні зв'язки.**

Аспірант з даної дисципліни повинен мати базові знання з неорганічної хімії, неорганічного матеріалознавства, кристалохімії, фізики напівпровідників. Для вивчення даної дисципліни необхідно мати вищу освіту з вивченням курсу неорганічної хімії для хімічних спеціальностей.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1. Функціональні матеріали**

#### **Тема 1. Особливості структури перовскиту.**

Неорганічна хімія. Структура перовскиту. Геометричні умови існування структури перовскиту. Класифікація сполук зі структурою перовскиту. Неорганічні функціональні матеріали, області застосування

#### **Тема 2. Магнітні матеріали зі структурою перовскиту.**

Поняття про магнітні матеріали. Типи спонтанного впорядкування. Методи синтезу феромагнітних матеріалів - твердофазний синтез, синтез із розчинів. Особливості золь-гель методу, синтезу з мікроемульсій. Кріометод. Відмінності між магнітними сплавами та феритами. Крива намагнічування. Суперпарамагнітний стан. Фізичний зміст температури блокування. Оксидативний стрес. Антиоксидантні властивості матеріалів.

#### **Тема 3. Li-провідні матеріали.**

Структурні особливості; виникнення суперіонного стану; фактори що впливають на транспортні властивості; особливості використання. Основні класи складних оксидів з Li-провідністю. Вимоги до твердих електролітів. Методи їх отримання. Вимоги до твердотілого акумулятора.

#### **Тема 4. Позисторні матеріали.**

Природа позисторного ефекту, вплив гетеровалентних заміщень у катіонних підгратках на умови виникнення позисторного ефекту; взаємозв'язок мікроструктури

кераміки, хімічного складу і величини варисторного ефекту у позисторах; особливості застосування позисторів.

**Тема 5.** П'єзовластивості в матеріалах зі структурою перовскиту.

Прямий та обернений п'єзоэффект. В яких точкових групах не виникає п'єзоэффект?

Поляризація п'єзоматеріалів.

**Тема 6.** Високотемпературна надпровідність в перовскитах.

Основи теорії надпровідності. Історія і загальні положення теорії надпровідності.

Основні теоретичні положення теорії надпровідності. Типи та технологія отримання надпровідників. Використання ВТСП в пристроях

**Тема 7.** Структурні особливості органо-неорганічних перовскитів.

Структура органо-неорганічного перовскиту. Толеранс-фактор. Визначення толеранс-фактору для органо-неорганічних перовскитів з неорганічними та органічними (молекулярними) аніонами. Фазові перетворення

**Тема 8.** Вплив методів синтезу на властивості плівкових матеріалів органо-неорганічних перовскитів

Методи синтезу перовскитів. Особливості синтезу перовскитів методами одно- та двостадійного осадження та ін. Вимоги до розчинників. Властивості органо-неорганічних перовскитів.

**Тема 9.** Можливі шляхи підвищення стабільності органо-неорганічних перовскитів

Стійкість органо-неорганічних перовскитів. Вплив розчинника та співвідношення вихідних реагентів, добавок, полімерів на стійкість перовскитів до дії зовнішніх чинників. Капсулювання елемента. Вплив заміщення катіонів та аніонів на стійкість перовскиту.

**Тема 10.** Особливості дизайну елементів на основі плівок органо-неорганічних перовскитів.

Будова сонячного елемента. Фотовольтаїчний ефект. Основні покоління напівпровідників, їх відмінності. Основні типи конструкцій сонячних елементів на основі органо-неорганічних перовскитів, їх особливості та переваги. Вимоги до напівпровідників n- та p-типу. Рівень Фермі в напівпровіднику. «Збагачення» та «збідення» в напівпровідниках

**Тема 11.** Обговорення останніх даних (література) в області органо-неорганічних перовскитів.

Основні напрямки дослідження органо-неорганічних перовскитів. Підвищення стабільності сонячних елементів на основі перовскитів. Підвищення електрофізичних характеристик матеріалів. Тандемні структури.

**Тема 12.** Методи синтезу функціональних матеріалів на основі складних оксидів  
Твердофазний метод, золь-гель метод, метод осадження. Переваги та недоліки методів

**Тема 13.** Точкові групи симетрії. Теореми про співіснування  
Елементи симетрії кристалів. Структура кристалів та просторова ґратка. Теореми про поєднання елементів симетрії. Кристалографічні категорії, сингонії, системи осей координат.

**Тема 14.** Просторові групи симетрії. Принцип Кюрі. Поняття про просторові та граничні групи симетрії. Принцип суперпозиції Кюрі.

#### 4. Теми лекційних занять

№, з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>Лекція 1</b>	Неорганічна хімія. Структура перовскиту. Геометричні умови існування структури перовскиту.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 2</b>	Класифікація сполук зі структурою перовскиту. Неорганічні функціональні матеріали, області застосування	<b>2 год</b>
<b>Лекція 3</b>	Поняття про магнітні матеріали. Типи спонтаного впорядкування. Методи синтезу феромагнітних матеріалів - твердофазний синтез, синтез із розчинів.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 4</b>	Особливості золь-гель методу, синтезу з мікроемульсій. Кріометод. Відмінності між магнітними сплавами та феритами. Крива намагнічування. Суперпарамагнітний стан. Фізичний зміст температури блокування. Оксидативний стрес. Антиоксидантні властивості матеріалів.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 5</b>	Структурні особливості; виникнення суперіонного стану; фактори що впливають на транспортні властивості; особливості використання. Основні класи складних оксидів з Li-провідністю.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 6</b>	Вимоги до твердих електролітів. Методи їх отримання. Вимоги до твердотілого акумулятора	<b>2 год</b>

<b>Лекція 7</b>	Природа позисторного ефекту, вплив гетеровалентних заміщень у катіонних підгратках на умови виникнення позисторного ефекту; взаємозв'язок мікроструктури кераміки, хімічного складу і величини варисторного ефекту у позисторах; особливості застосування позисторів.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 8</b>	Прямий та обернений п'єзоефект. В яких точкових групах не виникає п'єзоефект? Поляризація п'єзоматеріалів.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 9</b>	Основи теорії надпровідності. Історія і загальні положення теорії надпровідності. Основні теоретичні положення теорії надпровідності. Типи та технологія отримання надпровідників. Використання ВТСП в пристроях.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 10</b>	Структура органо-неорганічного перовскиту. Толеранс-фактор. Визначення толеранс-фактору для органо-неорганічних перовскитів з неорганічними та органічними (молекулярними) аніонами. Фазові перетворення.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 11</b>	Методи синтезу органо-неорганічних перовскитів. Особливості синтезу перовскитів методами одно- та двостадійного осадження та ін.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 12</b>	Вимоги до розчинників. Властивості органо-неорганічних перовскитів. Стійкість органо-неорганічних перовскитів.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 13</b>	Вплив розчинника та співвідношення вихідних реагентів, добавок, полімерів на стійкість перовскитів до дії зовнішніх чинників. Капсулювання елемента. Вплив заміщення катіонів та аніонів на стійкість перовскиту.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 14</b>	Будова сонячного елемента. Фотовольтаїчний ефект. Основні покоління напівпровідників, їх відмінності.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 15</b>	Основні типи конструкцій сонячних елементів на основі органо-неорганічних перовскитів, їх особливості та переваги. Рівень Фермі в напівпровіднику. «Збагачення» та «збідення» в напівпровідниках	<b>2 год</b>
<b>Лекція 16</b>	Основні напрямки дослідження органо-неорганічних перовскитів. Підвищення стабільності сонячних елементів на основі перовскитів. Підвищення електрофізичних характеристик матеріалів. ТанDEMні структури.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 17</b>	Методи синтезу матеріалів: твердофазний метод, золь-гель метод, метод осадження.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 18</b>	Порівняльний аналіз методів. Переваги та недоліки методів. Елементи симетрії кристалів.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 19</b>	Структура кристалів та просторова гратка. Теореми про поєднання елементів симетрії. Кристалографічні категорії, сингонії, системи осей координат.	<b>2 год</b>
<b>Лекція 20</b>	Поняття про просторові та граничні групи симетрії. Принцип суперпозиції Кюрі.	<b>2 год</b>

### 5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені.

### 6. Теми практичних занять

№, з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Синтез функціональних матеріалів методом твердофазних реакцій.	2 год
2.	Синтез матеріалів з водних та неводних середовищ.	2 год
3.	Особливості золь-гель методу, синтез з мікроемульсій.	2 год
4.	Синтез плівок органо-неорганічних перовскитів одно- та двостадійним осадженням.	2 год
5.	Імпедансні дослідження функціональних матеріалів.	2 год

### 7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені.

### 8. Самостійна робота

№, з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Неорганічні функціональні матеріали сучасності на основі оксидних систем	5 год
2.	Класифікація функціональних матеріалів.	5 год
3.	Магнітні матеріали, методи синтезу	5 год
4.	Особливості синтезу і використання нанорозмірних магнітних матеріалів.	5 год
5.	Нелінійні елементи з використанням магнітних плівок	5 год
6.	Антиоксидантні властивості матеріалів: фактори впливу.	5 год
7.	Складні оксиди. Літій-провідні системи.	5 год
8.	Особливості твердотільних акумуляторів.	5 год
9.	Надпровідність, типи надпровідників. Новітні технології синтезу.	5 год
10.	Органо-неорганічні перовскити, фазові особливості.	5 год
11.	Нові підходи до синтезу перовскитів. Порівняльний аналіз.	5 год
12.	Вплив різних факторів на властивості перовскитів.	5 год
13.	Сонячні елементи, основні типи.	5 год

14.	Надвисокочастотні діелектрики. Синтез і їх використання.	5 год
15.	Полікристалічні напівпровідники	5 год
16.	Вплив методу синтезу на властивості функціональних матеріалів.	5 год
17.	Методи отримання плівок на основі провідних матеріалів.	5 год
18.	Фізико-хімічні методи аналізу функціональних матеріалів на основі перовскитів	5 год
19.	Основні просторові групи симетрії. Взаємодія елементів симетрії.	5 год
20.	Трансляції та елементарні комірки. Правильні системи точок у кристалах та кристалічні структури	5 год
21	Підготовка до практичних занять (доповідь, реферат, короткий літературного огляду за темою практичних занять чи іншої тематики дотичної до дисципліни).	20 год

### **9. Форми контролю і методи оцінювання (у т.ч. критерії оцінювання результатів навчання)**

Діагностика успішності навчання аспірантів під час проведення лекційних та практичних занять:

- участь в обговоренні дискусійних питань на лекції та практичних заняттях (2-10 балів)
- доповідь, реферат, літературний огляд щодо проблемної тематики (10-30 балів).

### **10. Питання для підсумкового контролю**

1. Що вивчає неорганічна хімія?
2. Що таке неорганічні функціональні матеріали?
3. Які ви знаєте оксидні функціональні матеріали і області їх використання на основі елементів I групи.
4. Що таке діелектрична проникність ( $\epsilon$ ) і діелектричні втрати? Що таке тверді розчини?
5. Які електрофізичні параметри ( $\epsilon$ ,  $\text{tg}\delta$ ,  $\text{TK}\epsilon$ ) повинні мати матеріали, які використовуються для створення керамічних конденсаторів?
6. Що таке точкові групи в кристалографії?
7. Теореми про співіснування в кристалографії.
8. Ґратки Браве.
9. Особливості запису просторових груп симетрії.
10. Які класи симетрії є в кристалографії?

11. Що таке прямий і обернений п'єзоефект? В яких точкових групах не виникає п'єзоефект?
12. Групи симетрії?
13. Чим структура перовскіту відрізняється від інших кристалічних структур?
14. Які ключові особливості структури перовскіту сприяють його унікальним властивостям?
15. Як розмір і природа складових іонів впливають на структуру перовскіту?
16. Які типи спотворень можуть відбуватися в структурі перовскіту і як вони впливають на його властивості?
17. Приклади магнітних матеріалів із структурою перовскіту, гранату, шпінелі.
18. Области використання магнітних матеріалів із структурою шпінелі.
19. Области використання магнітних матеріалів із структурою гранату.
20. Особливості синтезу слабкоагломерованих наночастинок гексафериту барію.
21. Области використання нанорозмірного гексафериту барію.
22. Як структура впливає на магнітні властивості матеріалу?
23. Коерцитивна сила в магнітних матеріалах. Для яких використань необхідні матеріали з великою коерцитивною силою?
24. Які ключові властивості Li-провідних матеріалів?
25. Особливості безкисневих літій провідних матеріалів (переваги, недоліки).
26. Переваги і недоліки оксидних літій провідних матеріалів.
27. Недоліки і переваги полімерних літій провідних матеріалів.
28. Проблеми при створенні композиційних літій провідних матеріалів.
29. Шляхи покращення катодних матеріалів.
30. Особливості розробки твердотільних акумуляторів.
31. Як структура Li-провідних матеріалів впливає на їх електропровідність?
32. Яке застосування Li-провідних матеріалів?
33. Які проблеми виникають при синтезі Li-провідних матеріалів?
34. Як можна покращити провідність Li-провідних матеріалів?
35. Що таке п'єзо властивості і чому вони важливі?
36. Як структура перовскіту впливає на п'єзо властивості матеріалів?
37. Яке застосування мають матеріали з п'єзо властивостями?
38. Як можна покращити п'єзо-властивості перовскітних матеріалів?
39. Які проблеми виникають при синтезі матеріалів із п'єзо властивостями?
40. Що таке високотемпературна надпровідність і чому вона важлива?
41. Як структура перовскіту сприяє високотемпературній надпровідності?
42. Які приклади високотемпературних надпровідників зі структурою перовскіту?
43. Які труднощі виникають при синтезі високотемпературних надпровідних перовскітів?
44. Які ключові структурні особливості органо-неорганічних перовскітів?

45. Як ці структурні особливості впливають на властивості органо-неорганічних перовскітів?
46. Які приклади органо-неорганічних перовскітів та їх застосування?
47. Які проблеми виникають при синтезі органо-неорганічних перовскітів?
48. Які проблеми виникають при синтезі органо-неорганічних перовскітних плівкових матеріалів?
49. Які фактори впливають на стійкість органо-неорганічних перовскітів?
50. Які успішні стратегії підвищення стабільності органіко-неорганічних перовскітів?
51. Які поширені методи синтезу функціональних матеріалів на основі складних оксидів?
52. Що таке сегнетоелектрики-напівпровідники? Чому виникає позисторний ефект?
53. Области використання позисторного ефекту.
54. Мультифероїки. Які типи мультифероїків існують?
55. Переваги і недоліки однофазних мультифероїків.
56. Переваги і недоліки багатозфазних (багатошарових) мультифероїків.
57. Лівосторонні середовища. Що це таке?
58. Чому матеріали з металічним характером провідності в надвисокочастотному (НВЧ) діапазоні можуть демонструвати негативні значення діелектричної провідності?
59. Приклади розробки твердотільних лівосторонніх середовищ на основі оксидних систем.
60. Як ці методи синтезу впливають на властивості отриманих матеріалів?
61. Які є приклади функціональних матеріалів, синтезованих за допомогою цих методів?
62. Які проблеми виникають при синтезі функціональних матеріалів на основі складних оксидів?
63. Як можна оптимізувати методи синтезу для конкретних застосувань?
64. Що таке точкові групи симетрії і чому вони важливі?
65. Які додаткові елементи симетрії появляються при переході від точкових до просторових груп?
66. Типи ґраток Браве.
67. Яким чином магнітне поле землі впливає на симетрію монокристалів при їх рості?
68. Які труднощі постають при ідентифікації та аналізі точкових груп симетрії?
69. Як розуміння точкових груп симетрії покращить проектування та застосування матеріалів?
70. Що таке просторові групи симетрії і чому вони важливі?

71. Як принцип Кюрі пов'язаний з просторовими групами симетрії?
72. Які труднощі виникають у визначенні та аналізі просторових груп симетрії?
73. Як розуміння просторових груп симетрії та принципу Кюрі покращує проектування та застосування матеріалів?
74. Що таке сегнетоелектрики? Як відрізняються кристалічна структура і електрофізичні властивості сегнетоелектриків вище і нижче температури Кюрі.
75. Що таке домени в сегнетоелектричних та феромагнітних матеріалах? Чим відрізняються домени в сегнетоелектриках, феромагнітних та в антиферомагнітних матеріалах.
76. Що таке піроелектрики?
77. Недоліки нелінійних матеріалів на основі сегнетоелектриків.
78. Що таке спонтанна поляризація?
79. Чим відрізняються фазові переходи першого і другого роду?
80. В яких функціональних матеріалах використовуються рідкоземельні елементи? Що таке «ефект лантаноїдного стиснення»?
81. Які Ви знаєте напівпровідники I, II, III поколінь? Навести приклади. Основні відмінності між ними.
82. В яких випадках на границі метал/напівпровідник утворюється омичний контакт, а в яких «бар'єр Шотткі».
83. Що таке рівень Фермі в напівпровіднику «n» та «р» типу? Що таке «збагачення» та «збіднення» в напівпровідниках.
84. Фотовольтаїчний ефект.
85. Чим відрізняються ферити від магнітних сплавів? Чому ферити можуть використовуватися в системах зв'язку в НВЧ діапазоні?
86. Які Ви знаєте методи синтезу нанорозмірних феромагнітних матеріалів?
87. Що таке крива намагніченості? Пояснити природу кожної ділянки цієї кривої.
88. Що таке суперпарамагнітний стан?
89. Як відрізняються залежності намагнічуваності від температури в постійному магнітному полі і без поля?
90. Фізичний зміст температури блокування.
91. Особливості кристалічної структури перовскіту, шпінелевої структури. Яка структура в  $\text{CeO}_2$  і її особливості.
92. Електрофізичні властивості плівок органо-неорганічних перовскітів.
93. Core/shell структури, особливості.
94. Методи синтезу слабо агломерованих частинок  $\text{CeO}_2$  і core/shell структур типу феромагнітні наночастинки/ наночастинки  $\text{CeO}_2$ .
95. Що таке антиоксидантні властивості? Механізм дії наночастинок  $\text{CeO}_2$  на оксидативний стрес.

96. Яким чином наночастинки  $\text{CeO}_2$  діють на запальні процеси, чому?
97. Які класи складних оксидів характеризуються високою літєвою провідністю?
98. Які є типи твердих електролітів?
99. Вимоги до параметри твердих електролітів. Методи їх отримання. Вимоги до твердотільного акумулятора.
100. Які Ви знаєте найбільш «гарячі» теми в області функціональних матеріалів на основі оксидних систем?

### 11. Розподіл балів

Форма для іспиту

Поточний та періодичний контроль	Підсумковий контроль (іспит)	Сума балів
Змістовий модуль №1		
60 балів	40 балів	100

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для іспиту	для заліку
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	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 12. Рекомендована література

#### Основна

1. Білоус А.Г, Кобилянська С.Д. Оксидні літій провідні тверді електроліти. Київ «Наукова думка», 2018р, с.318.

2. West, A. (2022). Solid State Chemistry and its Applications (2nd ed.). Wiley. Retrieved from <https://www.perlego.com/book/3454161/solid-state-chemistry-and-its-applications-pdf> (Original work published 2022)
3. Терещіленко К. В. Хімія функціональних матеріалів / К. В. Терещіленко, І. О. Гуральський. – Київ: Ліра-К, 2022. – 110 с. – (Київський національний університет імені Тараса Шевченка).
4. Корнілович Б. Ю. Фізико–хімія сучасних неорганічних матеріалів [Електронний ресурс] / Б. Ю. Корнілович, І. В. Пилипенко, І. А. Ковальчук // Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42130/1/Neorh\\_material.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42130/1/Neorh_material.pdf).
5. Callister W. D. Materials Science and Engineering: An Introduction, 10th Edition / W. D. Callister, D. G. Rethwisch. – Hoboken, NJ: Wiley, 2018. – 975 с.

#### **Додаткова**

1. Білоус А.Г. Високодобротні надвичокочастотні діелектрики. Київ «Наукова думка», 2016р, с.218.
2. Поплавко Ю.М. Фізика діелектриків. Київ. НТУУ «КПІ», 2015, с.568.
3. Під редакцією В.И.Ляшенко. Електронные явления на поверхности полупроводников. Наукова думка. Киев. 1968. 400с.
4. Поплавко Ю.М. Основи фізики магнітних явищ в кристалах. Київ. НТУУ «КПІ», 2007, с.216.
5. Товстолиткін О.І., Боровий М.О., Курилюк В.В., Куницький Ю.А. Фізичні основи спінтроніки. Вінниця, Видавництво «Нілан-ЛТД», 2014р, с.499.
6. Поплавко Ю.М., Якименко Ю.І. П'єзоелектрики. Київ. НТУУ «КПІ», 2013, с.325