

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Кафедра фізики твердого тіла

“ЗАТВЕРДЖУЮ”



Декан фізичного факультету ХНУ  
імені В. Н. Каразіна

Абуслан БОВК

“ ” 2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**«Іонні заміщення в фосфатах кальцію»**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти Другий (магістерський)

галузь знань 10 Природничі науки  
(шифр і назва)

спеціальність 104 Фізика та астрономія  
(шифр і назва)

освітня програма освітньо-наукова — фізика  
(шифр і назва)

спеціалізація Фізика  
(шифр і назва) ВИД ДИСЦИПЛІНИ

обов'язкова  
(обов'язкова / за вибором)

факультет фізичний

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету (інституту, центру)

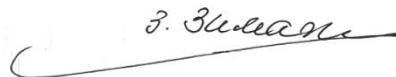
“ 30 ” серпня \_\_\_\_\_ 2023 року, протокол № 6

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ: Ткаченко М. В. - канд. фіз.-мат. наук., доцент, доцент кафедри фізики твердого тіла.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол від “ 28 ” серпня \_\_\_\_\_ 2023 року № 7

Завідувач кафедри



Золтан ЗИМАН

(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної) програми (керівником проектної групи) \_\_\_\_\_ \_ освітньо-професійна (назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми

(керівник проектної групи)



(підпис)

Юрій БОЙКО

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від 29 серпня 2022 року

Голова методичної комісії



Микола Макаровський

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни Іонні заміщення в фосфатах кальцію

складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки

магістра

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напряму) 104 фізика та астрономія

спеціалізації

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. **Мета** формування базових знань про фізичні основи іонних заміщень у кальцій-фосфатних біоматеріалах, особливості спікання заміщеної біоактивної кераміки на основі фосфатів кальцію.

**Завдання** ознайомити студентів з теоретичними основами катіонних і аніонних заміщень у керамічних біоактивних матеріалах на основі фосфатів кальцію

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

#### **Інтегральна компетентність:**

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується складністю та невизначеністю умов.

#### **Загальні компетентності:**

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. Здатність приймати обґрунтовані рішення. Навички здійснення безпечної діяльності. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

#### **Фахові компетентності:**

Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

1.3. Кількість кредитів 5

1.4. Загальна кількість годин 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна

Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
2-й	-й
Лекції	
36 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
24 год.	год.
Лабораторні заняття	
	год.
Самостійна робота, у тому числі	
90 год.	год.

### 1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

**знати:** роль іонних заміщень у формуванні функціональних властивостей керамічних матеріалів на основі фосфатів кальцію, оцінювати можливу зміну фізичних властивостей у результаті використання певного типу іонів заміщення.

**вміти:** на основі сучасних експериментальних досліджень і теоретичних уявлень пояснювати фізичні властивості біоактивних матеріалів із заміщеннями; придбати навички роботи з науковою літературою.

## 2. Структура навчальної дисципліни

### Розділ 1. Аніонні та катіонні заміщення в фосфатах кальцію.

**Тема 1.** Вступ. Іонний склад мінеральної складової кістки. Роль мікроелементів у функціонуванні кістки. Біоактивні імпланти. Нові сфери використання фосфатів кальцію.

**Тема 2.** Карбонізований гідроксиапатит. Термічна стабільність карбонізованого гідроксиапатиту. Карбонізований гідроксиапатит А-, Б- та змішаного АБ-типів

**Тема 3.** Вплив іонів натрію на фазовий склад, мікроструктуру та фізичні властивості фосфатів кальцію.

**Тема 4.** Роль іонів натрію в перетворенні двофазної (гідроксиапатит/в - трикальційфосфат) кераміки в натрій-заміщену карбонізовану кераміку.

**Тема 5.** Інгібуюча дія іонів магнію.

**Тема 6.** Вплив іонних добавок на спікання кальцій-фосфатної кераміки.

### Розділ 2. Прикладне використання кераміки, допованої різноманітними добавками.

**Тема 7.** Антимікробна кальцій-фосфатна біокераміка.

**Тема 8.** Магнітна біоактивна кераміка.

**Тема 9.** Локальна структура каналних іонів у карбонізованому гідроксиапатиті.

**Тема 10.** Вплив атмосфери спікання.

**Тема 11.** Роль добавок, які формують рідку фазу, при спіканні гідроксиапатиту.

**Тема 12.** Спікання заміщеного гідроксиапатиту.

Назви розділів	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Аніонні та катіонні заміщення в фосфатах кальцію.</b>												
Разом за розділом 1	80	18	12			50						
<b>Розділ 2. . Прикладне використання кераміки, допованої різноманітними добавками.</b>												

Разом за розділом 2	70	18	12		40					
<i>Усього годин</i>	150	36	24		90					

### 3. Теми лабораторних занять

#### 4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи (Опрацювання навчального матеріалу за наступними темами)	Кількість годин
1	<b>Тема 1.</b> Іон-заміщена кераміка сьогодні. Традиційна кераміка. Нова кераміка. Нові сфери використання кераміки.	2
2	<b>Тема 2.</b> Процеси формування. Підготовка матеріалів.	3
3	<b>Тема 3.</b> Методи формування. Сухе пресування. Продавлювання через мундштук. Пластичне формування. Шлікерне лиття.	3
4	<b>Тема 4.</b> Вплив іонного заміщення на твердофазне спікання. Випаровування - конденсація. Дифузія.	4
5	<b>Тема 5.</b> Спікання кальцій - фосфатної кераміки при утворенні рідкої фази за рахунок іонних заміщень. Кінетика процесу. Значення окремих змінних.	5
6	<b>Тема 6.</b> Спікання із участю рідкої фази, яка реагує з твердою. Стадії спікання.	3
7	<b>Тема 7.</b> Реакційне спікання кальцій-фосфатної біокераміки з іонними заміщеннями..	3
8	<b>Тема 8.</b> Твердофазне спікання гідроксиapatиту без стороннього тиску.	2
9	<b>Тема 9.</b> Механізми, відповідальні за спікання гідроксиapatиту: поверхнева дифузія, дифузія по межах	3
10	<b>Тема 10.</b> Вплив атмосфери спікання.	2
11	<b>Тема 11.</b> Роль добавок, які формують рідку фазу, при	4
12	<b>Тема 12.</b> Спікання заміщеного гідроксиapatиту.	2
	Разом	36

#### 5. Теми практичних занять

1. Вплив добавок натрію на фізико-хімічні властивості фосфатів кальцію
2. Вплив добавок магнію на фізико-хімічні властивості фосфатів кальцію
3. Вплив добавок срібла на фізико-хімічні властивості фосфатів кальцію

4. Фізико-хімічні властивості карбонізованого гідроксиапатиту
5. Вплив добавок цинку на фізико-хімічні властивості фосфатів кальцію
6. Вплив добавок калію на фізико-хімічні властивості фосфатів кальцію
7. Формування контакту при припіканні однойменних твердих тіл.
8. Припікання різнорідних тіл.
9. Ізольована пора в твердому тілі. Заліковування ізольованої пори.
10. Спікання двокомпонентних пресувань.
11. Взаємна дифузія. Вплив парціальних коефіцієнтів дифузії.
12. Розподіл напружень і вакансій у дифузійній зоні сферичного зразку.

## 6. **Методи контролю**

Поточний та семестровий підсумковий контроль.

Поточний контроль проводиться під час виконання контрольних робіт.

Семестровий підсумковий контроль застосовується у вигляді письмового екзамену наприкінці семестру.

### Контрольні роботи, передбачені навчальним планом

1. Біоактивні кісткові імплантати. Роль іонних заміщень у фосфатах кальцію.
2. Особливості спікання кераміки на основі іон-заміщених фосфатів кальцію.

### 3. 7. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання													Контрольна робота, передбачена навчальним планом		Індив іду ал ьн	Разо м	Екзаме н	Сум а
Розділ 1						Розділ 2						К1	К2					
Т 1	Т 2	Т 3	Т 4	Т 5	Т 6	Т 7	Т 8	Т 9	Т1 0	Т1 1	Т1 2							
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	13	13		50	50	100	

T1, T2 ... - теми розділів.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 - 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## Рекомендована література

1. З.З.Зиман. Кальцій-фосфатні біоматеріали. Навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 288 с
2. З. З. Зиман, А.Ф. Сіренко. Основи фізичного матеріалознавства. - Харків, 2005.
3. S. Raynaud, E. Champion, D. Bernache-Assollant. Calcium phosphate apatites with variable Ca/P atomic ratio II. Calcination and sintering. *Biomaterials* 23 (2002) 1073-1080.
4. E. Champion. Sintering of calcium phosphate bioceramics. *Acta Biomaterialia* 9 (2013) 5855-5875.
5. Wojciech Suchanek, Masatomo Yashima, Masato Kakihana and Masahiro Yoshimura. Hydroxyapatite ceramics with selected sintering additives. *Biomaterials* 18 (1997) 923-9337
6. **Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення** <https://www.youtube.com/watch?v=EihxZ1ydnw0>  
<https://studfiles.net/preview/2530765/page: 4/>