

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи ХНУ імені В. Н. Каразіна

Олександр ГОЛОВКО

2022 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

2022 / 2023 навчальний рік

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

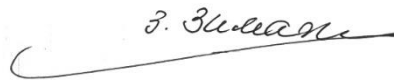
“ 30 ” серпня \_\_\_\_\_ 2022 року, протокол № 6

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 “ 29 ” серпня \_\_\_\_\_ 2022 року № 6

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)

Юрій БОЙКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 11 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 (напрям) 104 фізика та астрономія

спеціалізації

### 1. Опис навчальної дисципліни

**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

1.3. 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	
24 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
12 год.	год.
Лабораторні заняття	
	год.
Самостійна робота, у тому числі	
114 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 імплантати. 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 кераміки.

**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	12	6			62						
<b>Розділ 2. . Прикладне використання кераміки, допованої різноманітними добавками.</b>												
Разом за розділом 2	70	12	6			52						
<b>Усього годин</b>												
	150	24	12			114						

## 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 гідроксиапатиту без стороннього тиску.	2
9	<b>Тема 9.</b> Механізми, відповідальні за спікання гідроксиапатиту: 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	2
12	<b>Тема 12.</b> Спікання заміщеного гідроксиапатиту.	2
	Разом	34

## 5. Темі 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.

### 7. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання												Контрольна робота, передбачена навчальним планом		Індивідуальні	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1						Розділ 2						К1	К2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12						
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	8		40	60	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/>