

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики твердого тіла

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету

Руслан ВОВК



“ ” 2024 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Кристалізація в кальцій-фосфатних біоматеріалах.

Наноструктурні матеріали

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
галузь знань 10 – природничі науки  
(шифр і назва)  
спеціальність 104 – фізика та астрономія  
(шифр і назва)  
освітня програма фізика  
(шифр і назва)  
спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
вид дисципліни за вибором  
(обов'язкова / за вибором)  
факультет фізичний

20 24 / 20 25 навчальний рік

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

“ 30. ” серпня 20 24 року, протокол № 9

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

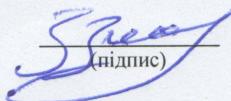
Дмитро РОХМІСТРОВ, канд. фіз. - мат. наук, доцент, доцент

Програму схвалено на засіданні кафедри

фізики твердого тіла

Протокол від “ 28 ” серпня 20 24 року № 7

Завідувач кафедри фізики твердого тіла

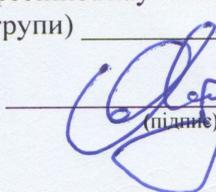
  
(підпис)

Золтан ЗИМАН  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/) програми (керівником проектної групи)  
фізика

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми  
(керівник проектної групи) фізика

  
(підпис)

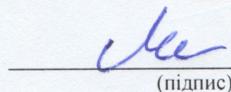
Олег ЛАЗОРЕНКО  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією  
фізичного

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 28 ” серпня 20 24 року № 1

Голова науково-методичної комісії фізичного факультету

  
(підпис)

Микола МАКАРОВСЬКИЙ  
(прізвище та ініціали)

Програма навчальної дисципліни “Кристалізація в кальцій-фосфатних біоматеріалах. Наноструктурні матеріали” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

бакалавра

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напряму) 104 – фізика та астрономія

спеціалізації

фізика

### 1. Опис навчальної дисципліни

- 1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є огляд основних шляхів одержання кальцій-фосфатних матеріалів, дослідження їхньої структури, функціональних властивостей в залежності від параметрів синтезу, механізмів кристалізації під впливом різних чинників, вплив домішок на структуру, фазовий склад та фізичні властивості кальцій-фосфатних матеріалів. Розглядаються питання особливостей будови наноструктурних матеріалів, методів одержання, фізичних, механічних та функціональних властивостей таких матеріалів. Приділяється увага методам аналізу структури наноматеріалів та шляхам їхнього застосування в науці, техніці та медицині.
- 1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є ознайомлення студентів із основними методами синтезу кальцій-фосфатних матеріалів, процесами кристалізації, а також впливом домішок на фізичні характеристики одержаних матеріалів. Розглядається сучасний станом розвитку наноструктурних матеріалів, методи одержання, фізичні властивості та шляхи практичного застосування цих матеріалів.
- 1.3. Кількість кредитів - 4
- 1.4. Загальна кількість годин - 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
	за вибором
	Денна форма навчання
	Рік підготовки
	4-й
	Семестр
	8-й
	Лекції
	24 год.
	Семінари
	24 год.
	Самостійна робота
	72 год.

- 1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Компетентності, що мають бути сформовані:

Інтегральна:

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 (ІК1).

Загальні

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК3).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК5).
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК8).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК9).
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК12).
- Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК13).

Фахові

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК1).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК7).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).
- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК10).
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень (ФК12).
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук (ФК13).
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК14).

Програмні результати навчання

- Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії (ПРН1).
- Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них (ПРН2).
- Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій (ПРН3).
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії (ПРН5).
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії (ПРН6).
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації (ПРН7).
- Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань (ПРН8).
- Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки (ПРН11).
- Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є

предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень (ПРН13).

- Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду (ПРН17).
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства (ПРН22).
- Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії (ПРН 23).
- Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій (ПРН 24).
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПРН 25).
- знати теоретичні основи одержання наноматеріалів, особливості їхньої структури, фізичних властивостей та галузі застосування.
- знати методи одержання кальцій-фосфатних матеріалів, процеси кристалізації, вплив домішок на фізичні характеристики одержаних матеріалів
- вміти використовувати одержані теоретичні знання для рішення практичних завдань при роботі з наноматеріалами.
- вміти використовувати одержані теоретичні знання для одержання кальцій-фосфатних матеріалів із заданими фізико-хімічними властивостями.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### *Розділ 1. Методи одержання наноструктурних матеріалів та дослідження їхньої структури та властивостей*

- Тема 1. Класифікація наноструктурних матеріалів. Методи одержання наноматеріалів.
- Тема 2. Растрова та просвічуюча електрона мікроскопія високої роздільної здатності.
- Тема 3. Скануюча тунельна та атомна силова мікроскопія.
- Тема 4. ІЧ- та спектроскопія Рамана. Фотоелектронна та рентгенівська спектроскопія.
- Тема 5. Метод аналізу структури наноматеріалів за допомогою функції розподілу атомів.
- Тема 6. Метод уточнення параметрів кристалічної структури (Метод Ритвельда).
- Тема 7. Електронний парамагнітний резонанс. Ядерний магнітний резонанс.
- Тема 8. XANES та EXANS-спектроскопія.
- Тема 9. Методи термічного аналізу та мас-спектрометрія.
- Тема 10. Елементний та рентгенівський фазовий аналізи. Методи визначення розмірів наночастинок.

### *Розділ 2. Фізичні властивостей наноструктурних матеріалів*

- Тема 1. Магнітні властивості наноматеріалів.
- Тема 2. Електронна структура наночастинок.
- Тема 3. Теплофізичні властивості наноматеріалів.
- Тема 4. Оптичні властивості наночастинок.
- Тема 5. Механічні властивості наноматеріалів.
- Тема 6. Фулерени. Графен. Карбонові нанотрубки.
- Тема 7. Квантові точки. Наночастинки металів та надпровідників.
- Тема 8. Використання наноматеріалів.

### *Розділ 3. Кальцій-фосфатні матеріали, які використовуються для виробництва біоматеріалів.*

- Тема 1. Структура твердих тканин. Класифікація біоматеріалів.
- Тема 2. Кальцій-фосфатні матеріали, які використовують у медицині. Гідроксилапатит, трикальцій фосфат, гідрофосфат кальцію, октакальцій фосфат, кальцій-дефіцитний гідроксилапатит, пірофосфат кальцію, карбонат кальцію.
- Тема 3. Одержання гідроксилапатита методом осадження з водних розчинів. Параметри синтезу, рівняння реакцій. Вибір оптимальних умов для отримання стехіометричного складу.
- Тема 4. Одержання гідроксилапатита методом твердофазного синтезу.
- Тема 5. Одержання ниткоподібних кристалів гідроксилапатита гідротермальним методом.
- Тема 6. Одержання нестехіометричного кальцій-дефіцитного гідроксилапатиту.
- Тема 7. Вплив параметрів синтезу на склад, структуру і функціональні характеристики кальцій-фосфатних матеріалів.

*Розділ 4. Кристалізація кальцій-фосфатних матеріалів.*

- Тема 1. Кристалізація гідроксилапатита методом осадження з розчинів.
- Тема 2. Аморфний фосфат кальцію. Кластерна модель будови часток гідроксилапатита.
- Тема 3. Класичний і неklasичний механізми кристалізації. Блокова модель кристалізації. Мезокристалли.
- Тема 4. Вплив домішок на кристалізацію гідроксилапатита.
- Тема 5. Карбонізований Гідроксилапатит. Залежності параметрів ґратки від концентрації домішок.
- Тема 6. Вплив домішок на склад, структуру і функціональні характеристики кальцій-фосфатних матеріалів.

**3. Структура навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		сем	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Методи одержання наноструктурних матеріалів та дослідження їхньої структури та властивостей</b>						
Тема 1. Класифікація наноструктурних матеріалів. Методи одержання наноматеріалів	3	2				1
Тема 2. Растрова та просвічуюча електрона мікроскопія високої роздільної здатності	3	2				1
Тема 3. Скануюча тунельна та атомна силова мікроскопія	3	1				2
Тема 4. ІЧ- та спектроскопія Рамана. Фотоелектронна та рентгенівська спектроскопія	2	1				1
Тема 5. Метод аналізу структури наноматеріалів за допомогою функції розподілу атомів	2	1				1
Тема 6. Метод уточнення параметрів кристалічної структури (Метод Ритвельда)	3	1				2
Тема 7. Електронний парамагнітний резонанс. Ядерний магнітний резонанс	2	1				1
Тема 8. XANES та EXANS-спектроскопія	2	1				1
Тема 9. Методи термічного аналізу та мас-спектрометрія	2	1				1
Тема 10. Елементний та рентгенівський фазовий аналізи. Методи визначення розмірів наночастинок.	2	1				1
Разом за розділом 1	24	12				12
<b>Розділ 2. Фізичні властивостей наноструктурних матеріалів</b>						
Тема 1. Магнітні властивості наноматеріалів	3	1				2
Тема 2. Електрона структура наночастинок	3	1				2
Тема 3. Теплофізичні властивості наноматеріалів	4	1				3
Тема 4. Оптичні властивості наночастинок	4	1				3
Тема 5. Механічні властивості наноматеріалів	4	1				3
Тема 6. Фулерени. Графен. Карбонові нанотрубки	4	1				3
Тема 7. Квантові точки. Наночастинки металів та надпровідників	4	1				3
Тема 8. Використання наноматеріалів	4	1				3
Разом за розділом 2	30	8				22
<b>Розділ 3. Кальцій-фосфатні матеріали, які використовуються для виробництва біоматеріалів</b>						
Тема 1. Структура твердих тканин. Класифікація біоматеріалів	3	1	1			1

Тема 2. Кальцій-фосфатні матеріали, які використовують у медицині. Гідроксилапатит, трикальцій фосфат, гідрофосфат кальцію, октакальцій фосфат, кальцій-дефіцитний гідроксилапатит, пірофосфат кальцію, карбонат кальцію	3	1	1			1
Тема 3. Одержання гідроксилапатита методом осадження з водних розчинів. Параметри синтезу, рівняння реакцій Вибір оптимальних умов для отримання стехіометричного складу	3	1	1			1
Тема 4. Одержання гідроксилапатита методом твердофазного синтезу	3	1	1			1
Тема 5. Одержання ниткоподібних кристалів гідроксилапатита гідротермальним методом	4		2			2
Тема 6. Одержання нестехіометричного кальцій-дефіцитного гідроксилапатиту	3		2			1
Тема 7. Вплив параметрів синтезу на склад, структуру і функціональні характеристики кальцій-фосфатних матеріалів	3		2			1
Разом за розділом 3	22	4	10			8
<b>Розділ 4. Кристалізація кальцій-фосфатних матеріалів</b>						
Тема 1. Кристалізація гідроксилапатита методом осадження з розчинів	3		2			1
Тема 2. Аморфний фосфат кальцію. Кластерна модель будови часток гідроксилапатита	3		2			1
Тема 3. Класичний і некласичний механізми кристалізації. Блокова модель кристалізації. Мезокристалли	5		3			2
Тема 4. Вплив домішок на кристалізацію гідроксилапатита	5		3			2
Тема 5. Карбонізований Гідроксилапатит. Залежності параметрів ґратки від концентрації домішок	4		2			2
Тема 6. Вплив домішок на склад, структуру і функціональні характеристики кальцій-фосфатних матеріалів	4		2			2
Курсова робота	20					20
Разом за розділом 4	44		14			30
<b>Усього годин</b>	120	24	24			72

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Структура та состав кісток людини та тварин	1
2	Кристалічна структура та властивості кальцій-фосфатних матеріалів, які використовують у медицині	1
3	Устаткування для синтезу фосфатів кальцію методом осадження з водних розчинів. Розрахунок реакції синтезу	1
4	Особливості одержання гідроксилапатита методом твердофазного синтезу	1
5	Особливості одержання ниткоподібних кристалів гідроксилапатита гідротермальним методом	2
6	Особливості одержання нестехіометричного кальцій-дефіцитного гідроксилапатиту	2
7	Вплив параметрів синтезу на склад, структуру і функціональні характеристики кальцій-фосфатних матеріалів	2
8	Механізми кристалізації гідроксилапатита методом осадження з розчинів	

9	Одержання аморфного фосфату кальцію	2
10	Класичний і неklasичний механізми кристалізації.	2
11	Вплив домішок на кристалізацію гідроксилапатита	3
12	Карбонізований Гідроксилапатит. Залежності параметрів ґратки від концентрації домішок	3
13	Вплив домішок на склад, структуру і функціональні характеристики кальцій-фосфатних матеріалів	2
	Разом	24

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Газофазна конденсація. Плазмохімічний синтез. Осадження із розчинів. Детонаційний синтез. Електровибух. Механосинтез	1
2	Спотворення при побудові зображення в мікроскопах. Хроматична аберація. Дефокусування променів.	1
3	Іонний проектор. Емісійна мікроскопія	2
4	Термічні методи дослідження структури наноматеріалів	1
5	Побудова Фур'є для аналізу структури наноматеріалів	1
6	Методи уточнення параметрів кристалічної структури. Фактори, які впливають на інтенсивність відбиття рентгенівських променів від наноматеріалів	2
7	Парамагнітні центри у нанокристалічних матеріалах	1
8	Дослідження орієнтації молекул та електронної структури за допомогою методів XANES та EXANS-спектроскопії	1
9	Диференціальна-скануюча калориметрія. Екзо- та ендо- термічні процеси	1
10	Динамічне розсіювання світла на наночастинках. Лазерна дифракція. Седиментаційні методи	1
11	Феро- та супермагнетизм	2
12	Енергетичний спектр наночастинок	2
13	Розмірні ефекти теплоємності наноструктурованих матеріалів	3
14	Особливості люмінесцентних властивостей наночастинок. Поглинання та випромінювання світла	3
15	Особливості мікроструктури наноструктурованих матеріалів	3
16	Енергетичні спектри та структура карбонових наноматеріалів	3
17	Особливості діелектриків, надпровідників, напівпровідників та металів у наноструктурному стані	3
18	Технічні пристрої, побудовані на основі наноматеріалів	3
19	Використання кальцій-фосфатних біоматеріалів у медицині	1
20	Показники стехіометрії кальцій-фосфатних матеріалів	1
21	Вплив параметрів синтезу на структуру та морфологію одержаних кальцій-фосфатних матеріалів	1
22	Вибір оптимальних температур та концентрацій реагентів для одержання гідроксилапатиту методом твердофазного синтезу	1
23	Умови одержання високого тиску та температури синтезу ниткоподібних кристалів. Нестехіометрія одержаного продукту та шляхи її поліпшення	2
24	Методи дослідження структури нестехіометричного кальцій-дефіцитного гідроксилапатиту	1
25	Термічна стабільність кальцій-фосфатних матеріалів, синтезованих у різних умовах	1
26	Кристалізація гідроксилапатита методом осадження з розчинів	1
27	Дослідження структури аморфного фосфату кальцію за допомогою функції радіального розподілу атомів. Кластерні моделі аморфних кальцій-фосфатних сполук	1

28	Особливості кристалізації кальцій-фосфатів у біологічних середовищах	2
29	Іонні заміщення в структурі гідроксилапатита	2
30	Ідентифікація карбонатних іонів в структурі карбонізованого гідроксилапатиту	2
31	Функціональні характеристики кальцій-фосфатних матеріалів з різним вмістом домішок	2
32	Підготовка до курсової роботи	20
	Разом	72

### **6. Індивідуальні завдання** **Перелік тем до курсової роботи**

1. Методи отримання Аморфного фосфату кальцію.
2. Вплив домішок на структуру, фізичні властивості та кристалізацію фосфатів кальцію.
3. Нові методи отримання фосфатів кальцію.
4. Шляхи отримання стехіометричного гідроксилапатиту.
5. Використання фосфатів кальцію у науці та техніці.
6. Медичне застосування фосфатів кальцію.
7. Особливості кристалізації фосфатів кальцію.
8. Нові методи дослідження структури та фізико-хімічних властивостей фосфатів кальцію.

### **Перелік питань до екзаменаційної роботи**

#### Розділ I та 2

1. XANES –спектроскопія.
2. Використання наноматеріалів.
3. Графен.
4. Електронна структура наночастинок.
5. Електронний парамагнітний резонанс.
6. ІЧ- та спектроскопія.
7. Карбонові нанотрубки.
8. Квантові точки.
9. Класифікація наноструктурних матеріалів.
10. Масс-спектрометрія.
11. Метод аналізу функції розподілу атомів.
12. Метод уточнення параметрів кристалічної структури. Метод Ритвельда.
13. Методи одержання наноматеріалів.
14. Механічні властивості наноматеріалів.
15. Растрова та просвічуюча електронна мікроскопія високої роздільної здатності.
16. Скануюча тунельна та атомна силова мікроскопія.
17. Теплофізичні властивості наноматеріалів.
18. Фазові перетворення у наноматеріалах.
19. Феромагнетизм наноматеріалів.
20. Фотоелектронна та рентгенівська спектроскопія.
21. Фулерени.
22. Ядерний магнітний резонанс.
23. Гамма-резонанс. Ефект Мессбауера.

### **7. Методи контролю**

поточний (перевірка завдань самостійної роботи у конспектах), курсова робота (письмово) та підсумковий (письмова екзаменаційна робота)

## 8. Схема нарахування балів\*

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання																	
Розділ 1										Розділ 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Розділ 3							Розділ 4										
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2					

### *Продовження таблиці*

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				
Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Курсова робота	Разом	Екзаменаційна робота	Сума
	28	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

\*Студент допускається до виконання залікової роботи якщо загальна кількість балів набраних ним за результатами складання поточного контролю та курсової роботи складає мінімум 30 балів, при цьому мінімальна кількість балів за виконання завдань поточного контролю дорівнює 16, мінімальна кількість балів за виконання курсової роботи дорівнює 14.

### Критерії оцінювання результатів навчання студента

#### *Поточний контроль*

Поточний контроль результатів навчання студента проводиться шляхом перевірки виконання студентами завдань для самостійної роботи (письмово виконаних у конспектах) на початку або в кінці кожної лекції. Якщо студент виконав успішно завдання самостійної роботи, то він отримує 1 або 2 бали за виконання завдань з розділів 1, 2, 3, 4. За виконання завдань самостійної роботи на поточному контролі студент може одержати максимум 32 бали. Мінімальна кількість балів поточного контролю, яка вважається успішною становить 16.

#### *Курсова робота*

Курсова робота виконується за однією з тем, наведених п. 6 цієї робочої програми після консультації з викладачем. В деяких випадках студент може вибрати довільну тему, яка відповідає темам навчальної дисципліни п. 3. Максимальна кількість балів, яку студент може одержати за виконання курсової роботи дорівнює 100 балів. Ці бали перераховуються у шкалу оцінювання результатів навчання студента п. 8 цієї програми шляхом умноження кількості балів на коефіцієнт 0.28 (тобто 100 балів за курсову роботу дорівнює 28 балам загальної оцінки за виконання курсової роботи в системі нарахування балів). Курсова робота вважається виконаною успішно якщо студент за її виконання отримав не менш як 14 (з 28 можливих) балів виділених для її оцінювання в системі нарахування балів.

#### *Критерії оцінювання знань з курсової роботи:*

Розподіл балів за типом змісту роботи (100 балів):

- Теоретичний матеріал – 50 балів.
- Ілюстративний матеріал, формули, схеми, графіки – 30 балів.
- Логічна послідовність подання матеріалу, аналіз формул, графічних даних – 20 балів.
- "100 – 90 балів" – студент міцно засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповідь, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок;
- "89 – 70 балів" – студент добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;
- "69 – 50 балів" – студент в основному опанував теоретичними знаннями навчальної

дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, додаткові питання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань; відповідаючи на запитання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою діяльністю;

– "49 – 0 балів" – студент не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутні наукове мислення, практичні навички не сформовані.

### **Екзаменаційна робота**

Залікова робота проводиться по завершенні вивчення навчальної дисципліни під час проведення підсумкового семестрового контролю (зимової сесії). Кожен студент одержує по одному запитанню з кожного розділу. Кожне запитання оцінюється максимум у 50 балів. Загальна максимальна кількість балів за виконання контрольної роботи становить 100 балів, які трансформуються у кількість балів, виділених для оцінювання залікової роботи згідно робочої програми навчальної дисципліни в 40 балів. Максимальна кількість балів, яку студент може одержати за виконання залікової роботи дорівнює 100 балам. Ці бали перераховуються у шкалу оцінювання результатів навчання студента п. 8 цієї програми шляхом умноження кількості балів на коефіцієнт 0.4 (тобто 100 балів за екзаменаційну роботу дорівнює 40 балам загальної оцінки за виконання екзаменаційної роботи в системі нарахування балів). Залікова робота вважається виконаною успішно якщо студент за її виконання отримав не менш як 20 (з 40 можливих) балів виділених для її оцінювання в системі нарахування балів.

### Критерії оцінювання знань з екзаменаційної роботи:

Розподіл балів за типом змісту роботи (100 балів):

– Теоретичний матеріал – 50 балів.

– Ілюстративний матеріал, формули, схеми, графіки – 30 балів.

– Логічна послідовність подання матеріалу, аналіз формул, графічних даних – 20 балів.

– "100 – 90 балів" – студент міцно засвоїв теоретичний матеріал, глибоко і всебічно знає зміст навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповідь, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок;

– "89 – 70 балів" – студент добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; має практичні навички, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при аналізі практичного;

– "69 – 50 балів" – студент в основному опанував теоретичними знаннями навчальної дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, додаткові питання викликають невпевненість або відсутність стабільних знань; відповідаючи на запитання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою діяльністю;

– "49 – 0 балів" – студент не опанував навчальний матеріал дисципліни, не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутні наукове мислення, практичні навички не сформовані.

### **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

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Зиман З. З. Кальцій-фосфатні біоматеріали : навчальний посібник / З. З. Зиман. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 288 с.
2. Куцова В.З., Котова Т.В., Аюпова Т.А. Наноматеріали та нанотехнології. Навч. посібник. У двох частинах. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 103 с.
3. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої/ Боровий М.О., Куницький Ю.А., Каленик О.О., Овсієнко І.В., Цареградська Т.Л. – Київ: «Інтерсервіс», 2015. – 350 с.
4. Саввова О. В. Інноваційні матеріали та речовини в хімічній інженерії: конспект лекцій для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / О. В. Саввова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 105 с.
5. Наноструктури та нанокапсули [Електронний ресурс] : конспект лекцій з дисципліни «Наноструктури та нанокапсули» для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія» всіх форм навчання / уклад. О. М. Сорочан. Маріуполь : ПДТУ, 2019. – 86 с.
6. Вуглецеві наноструктурні матеріали: токсичність та біосумісність / І.В. Кононко, В.П. Сергеев, О.В. Щербицька, В.Д. Кліпов, Н.В. Кононко // Вісник Українського матеріалознавчого товариства. — 2015. — № 1(8). — С. 58-67.
7. Скороход В.В., Уварова І.В., Рагуля А.В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах Академперіодика 2001, 150 с.
8. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огієнко, • О.В. Решетняк. – Київ: Наукова думка, 2008. – 424 с.
9. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченко О.О., Смик С.Ю. Квантові низькорозмірні системи. - Київ: Академперіодика, 2003. - 308 с.
10. Яблонь Л.С., Бойчук В.М. Фізичні основи нанотехнологій. Курс лекцій. – ІваноФранківськ, 2015. – 103 с.
11. Долінський А.А., Драганов Б.Х., Козирський В.В. Нанотехнології в енергетиці. – К.: ЦП Компринт, 2015. – 113 с.
12. Поплавко Ю.М., Борисов О. В., Якименко Ю. І. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. посіб. – К.: НГУУ «КПШ», 2012. – 300 с.
13. Куцова В.З., Котова Т.В., Аюпова Т.А. Наноматеріали та нанотехнології. Навч. посібник. У двох частинах. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. – 103 с.
14. Литвин В.А. Наноструктурні системи і матеріали: збірник задач –
15. Черкаси: Вид. від. ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2014. – 152 с.

### Допоміжна література

1. C.P. Poole, F.J. Owens Introduction to nanotechnology, Wiley-interscience, 2003.
2. B.Bhushan, Springer handbook of nanotechnology, Springer, 2004.
3. Nanostructured materials and nanotechnology, Ed. H.S. Nalwa, Academic Press, 2002.
4. T.Chakraborty, F. Peeters, U. Sivan Nano-Physics&Bio-Electronics: A New Odyssey, Elsevier, 2002.
5. M. K?hler, W. Fritzsche Nanotechnology An introduction to nanostructuring techniques, Wiley-VCH, 2004.
6. D.E. Reisner Biotechnology global prospects, CRC Press, 2009.
7. H. Cölfen, M. Antonietti Mesocrystals and nonclassical crystallization, John Wiley& Son, 2008.

## 10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення