

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики твердого тіла

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету

Руслан БОВК



“ ” 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Наноструктурні матеріали
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістерський)
галузь знань Е – природничі науки, математика та статистика
(шифр і назва)
спеціальність Е5 – фізика та астрономія
(шифр і назва)
освітня програма ОНП “Фізика”
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни за вибором
(обов’язкова / за вибором)
факультет фізичний

20 25/ 20 26 навчальний рік

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

“ 29 ” серпня 20 25 року, протокол № 10

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

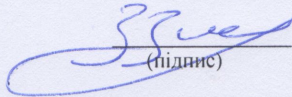
Дмитро РОХМІСТРОВ, канд. фіз. - мат. наук, доцент, доцент

Програму схвалено на засіданні кафедри

фізики твердого тіла

Протокол від “ 28 ” серпня 20 25 року № 9

Завідувач кафедри фізики твердого тіла


(підпис)

Золтан ЗИМАН
(прізвище та ініціали)

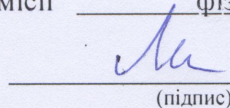
Програму погоджено методичною комісією

фізичного

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 28 ” серпня 20 25 року № 5

Голова методичної комісії фізичного факультету


(підпис)

Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

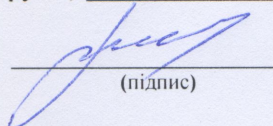
Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/) програми (керівником проектної групи)

фізика

назва освітньої програми

Гарант освітньої (наукової) програми
(керівник проектної групи)

фізика


(підпис)

Дмитро РОХМІСТРОВ
(прізвище та ініціали)

Програма навчальної дисципліни “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 - 3
- 1.4. Загальна кількість годин - 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
за вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
2-й
Лекції
24 год.
Семінари
04 год.
Самостійна робота
66 год.

- 1.6. Заплановані результати навчання

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

Компетентності, що мають бути сформовані:

Загальні

- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 1).
- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК 3).
- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК 4).
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 6).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 9).
- Здатність дотримуватися принципів академічної доброчесності (ЗК 11).

Фахові

- Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ (ФК 1).
- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії (ФК 2).
- Здатність встановлювати зв'язок між експериментальними і теоретичними результатами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, пов'язувати результати досліджень із сучасними фізичними та астрономічними теоріями і уявленнями (ФК 8).
- Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси (ФК 9).
-

Програмні результати навчання

- Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем (ПРН 1).
- Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів (ПРН 5).
- Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані (ПРН 10).
- Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач (ПРН 11).
- Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження (ПРН 13).

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.

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
Розділ 1. Методи одержання наноструктурних матеріалів та дослідження їхньої структури та властивостей						
Тема 1. Класифікація наноструктурних матеріалів. Методи одержання наноматеріалів	5	2				3
Тема 2. Растрова та просвічуюча електрона мікроскопія високої роздільної здатності	5	2				3
Тема 3. Скануюча тунельна та атомна силова мікроскопія	4	1				3
Тема 4. ІЧ- та спектроскопія Рамана. Фотоелектронна та рентгенівська спектроскопія	4	1				3
Тема 5. Метод аналізу структури наноматеріалів за допомогою функції розподілу атомів	5	1				4
Тема 6. Метод уточнення параметрів кристалічної структури (Метод Ритвельда)	5	1				4
Тема 7. Електронний парамагнітний резонанс. Ядерний магнітний резонанс	5	1				4
Тема 8. XANES та EXANS-спектроскопія	5	1				4
Тема 9. Методи термічного аналізу та мас-спектрометрія	5	1				4
Тема 10. Елементний та рентгенівський фазовий аналіз. Методи визначення розмірів наночастинок.	5	1				4
Разом за розділом 1	48	12				36
Розділ 2. Фізичні властивості наноструктурних матеріалів						
Тема 1. Магнітні властивості наноматеріалів	6	2				4
Тема 2. Електрона структура наночастинок	6	2				4
Тема 3. Теплофізичні властивості наноматеріалів	6	2				4
Тема 4. Оптичні властивості наночастинок	6	2				4
Тема 5. Механічні властивості наноматеріалів	5	1				4
Тема 6. Фулерени. Графен. Карбонові нанотрубки	5	1				4
Тема 7. Квантові точки. Наночастинки металів та надпровідників	4	1				3
Тема 8. Використання наноматеріалів	4	1				3
Разом за розділом 2	42	12				30
Усього годин	90	24				66

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

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	3

2	Спотворення при побудові зображення в мікроскопах. Хроматична аберація. Дефокусування променів.	3
3	Іонний проектор. Емісійна мікроскопія	3
4	Термічні методи дослідження структури наноматеріалів	3
5	Побудова Фур'є для аналізу структури наноматеріалів	4
6	Методи уточнення параметрів кристалічної структури. Фактори, які впливають на інтенсивність відбиття рентгенівських променів від наноматеріалів	4
7	Парамагнітні центри у нанокристалічних матеріалах	4
8	Дослідження орієнтації молекул та електронної структури за допомогою методів XANES та EXANS-спектроскопії	4
9	Диференціальна-скануюча калориметрія. Екзо- та ендо- термічні процеси	4
10	Динамічне розсіювання світла на наночастинках. Лазерна дифракція. Седиментаційні методи	4
11	Феро- та супермагнетизм	4
12	Енергетичний спектр наночастинок	4
13	Розмірні ефекти теплоємності наноструктурованих матеріалів	4
14	Особливості люмінесцентних властивостей наночастинок. Поглинання та випромінювання світла	4
15	Особливості мікроструктури наноструктурованих матеріалів	4
16	Енергетичні спектри та структура карбонових наноматеріалів	4
17	Особливості діелектриків, надпровідників, напівпровідників та металів у наноструктурному стані	3
18	Технічні пристрої, побудовані на основі наноматеріалів	3
	Разом	66

6. Індивідуальні завдання

Перелік питань до залікової роботи

Розділи І 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
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4
Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання																	
Контрольна робота, передбачена навчальним планом						Курсова робота				Разом		Залікова робота		Сума			
										40		60		100			

T1, T2 ... – теми розділів.

*Студент допускається до виконання залікової роботи якщо загальна кількість балів набраних ним за результатами складання поточного контролю складає мінімум 20 балів.

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). Якщо студент виконав успішно завдання самостійної роботи, то він отримує від 1 до 4 балів за виконання завдань з розділів 1, 2 (див. п.8). За виконання завдань самостійної роботи на поточному контролі студент може одержати максимум 40 балів. Мінімальна кількість балів поточного контролю, яка вважається успішною становить 16.

Залікова 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 множення кількості балів на коефіцієнт 0.6 (тобто 100 балів за екзаменаційну роботу дорівнює 60 балам загальної оцінки за виконання залікової роботи в системі нарахування балів). Залікова робота вважається виконаною успішно якщо студент за її виконання отримав не менш як 30 (з 60 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. Савцова 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. Савцова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 105 с.
5. Наноструктури та нанокapsули [Електронний ресурс] : конспект лекцій з дисципліни «Наноструктури та нанокapsули» 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. Сергєєв, 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.: НТУУ «КПІ», 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