

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізики металів



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Сучасні проблеми в фізиці наносистем**  
для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
освітній ступінь магістр  
освітня програма Фізика наносистем  
вид дисципліни Вибіркова *В.Б.2.4*

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: професор Семенко Михайло Петрович

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробник: Семенко Михайло Петрович, професор, доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри фізики металів

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів

  
(підпис)

(Курилюк В.В.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 8 від «20» травня 2022 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

Протокол № 11 від «10» червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

(Оліх О.Я.)  
(прізвище та ініціали)

## Вступ

**1. Мета дисципліни** – ознайомити магістрів з сучасними проблемами, що супроводжують новий напрямок наукових досліджень у фізиці – нанофізики, та критично розглянути основні фактори, що визначають особливі властивості наноструктурованого стану, його взаємозв'язок з електронною та атомною структурами та їх вплив на властивості матеріалів.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, термодинаміки та статистичної фізики, елементи квантової механіки для освоєння та вільного орієнтування в основних проблемах фізики наносистем.

2. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів математичного аналізу, аналітичної геометрії, математичної фізики, загальної фізики, квантової механіки, термодинаміки та статистичної фізики для розв'язку практичних задач з курсу.

3. Володіти елементарними навичками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв'язку алгебраїчних і диференціальних рівнянь, побудови та аналізу графічних залежностей.

**3. Анотація навчальної дисципліни:** В рамках курсу «Сучасні проблеми фізики наносистем» висвітлюються сучасні проблеми, що виникають при переході систем різного типу в нанорозмірний стан та подальший розвиток теоретичних та практичних засад для вивчення різних властивостей матеріалів з акцентуванням на наноструктурований стан. Розглядаються сучасні експериментальні результати та уявлення про кристалічну будову твердих наноматеріалів, розглядаються їх особливості механічних, теплових, електронних, електричних, магнітних та оптичних властивостей твердих тіл, проводиться ознайомлення основними теоретичними моделями для опису властивостей при переході до «нанорозмірного» стану. Результатом навчання є оволодіння знаннями про структуру та фізичні властивості нанорозмірних твердих тіл. Методи викладання: лекції, самостійна робота. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, опитування в процесі лекції, іспит.

**4. Завдання (навчальні цілі)** – знати основні фізичні та геометричні аспекти, що обумовлюють особливості наноструктурованих систем; знати основні проблемні питання, що виникають при переході систем до нанорозмірного стану, їх експериментальний прояв (термодинаміка, оптичні, електричні, магнітні та механічні властивості) та теоретичне обґрунтування цих процесів; основні типи наноструктурних систем.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

*інтегральної:*

- Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

*загальних:*

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК1).
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК2).
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК3).
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК4).

*фахових:*

- Здатність використовувати закони та принципи фізики у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ. (СК1).

- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики. (СК2).
- Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях. (СК5).
- Здатність застосовувати теорії опису фізичних властивостей наносистем різних типів. (СК12).

#### 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні фізичні та геометричні аспекти, що обумовлюють особливості наноструктурованих систем.	Лекції, самостійна робота	Опитування в процесі лекцій, модульна контрольна робота	30
1.2	Знати основні типи наноструктурованих матеріалів та систем.	Лекції, самостійна робота	Опитування в процесі лекцій, модульна контрольна робота	30

#### 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2
<b>Програмні результати навчання</b>		
РН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики для розв'язання складних задач і практичних проблем.	+	+
РН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних досліджень і оцінювання їх достовірності.	+	
РН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.		+
РН10. Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.	+	+
РН25. Знати методи отримання та особливості структури наносистем, а також вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між особливостями їхнього складу та властивостей.	+	+

#### 7. Схема формування оцінки.

## 7.1 Форми оцінювання студентів:

### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-9: РН 1.1 – 25 балів / 15 балів
2. Модульна контрольна робота 2 за темами 10-17: РН 1.2 – 25 балів / 15 балів
3. Опитування в процесі лекцій: РН 1.1, 1.2 – 10 балів / 6 балів

### - підсумкове оцінювання у формі іспиту.

Іспит проводиться в письмовій формі. Кожен екзаменаційний білет містить два теоретичні питання з необхідністю розгорнутої відповіді. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання іспиту дорівнює 40. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою 24 балів. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

**7.2 Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Модульні контрольні роботи 1 - 2 проводяться по завершенні тематичних лекцій.

Опитування студентів в процесі лекцій проводиться упродовж семестру.

## 7.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100
<b>Добре</b> / Good	75-89
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74
<b>Незадовільно</b> / Fail	0-59

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

№ теми	НАЗВА ТЕМИ	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самоств. робота.
<b>Змістовий модуль 1.</b>				
<b>Наноматеріали та їх місце в загальній схемі нанотехнологій</b>				
1.	Предмет та задачі курсу. Формування та основні етапи розвитку нанотехнологій	1		2
2.	Наноматеріали, області їх застосування, та класифікація	1		2
<b>Особливості фізичних властивостей наноматеріалів</b>				
3.	Розмірні ефекти	2		4
4.	Структурні та фазові перетворення. Термодинаміка наноматеріалів	2		4
5.	Структура нанокристалічних частинок. Структура кластерів.	1		2
6.	Структурні перетворення під дією тиску та температури. Залежність температури топлення від розміру частинок. Параметри кристалічної комірки.	3		6
7.	Фононний спектр і термічні властивості: фононний спектр, теплоємність, температура Дебая, коефіцієнт термічного розширення.	2		4
8.	Оптичні властивості.	2		4
9.	Електричні та магнітні властивості. Вплив наноструктурованості на механічні властивості.	2		4
	Модульна письмова робота	1		2
<b>Змістовий модуль 2.</b>				
<b>Основні типи наноматеріалів та їх властивості</b>				
10.	Металічні безлігандні кластери. Кластери лужних металів та срібла.	2		4
11.	Металічні безлігандні кластери. Кластери алюмінію, ртуті та перехідних металів.	1		2
12.	Металічні лігандні кластери.	2		4
13.	Наночастинки, нанопорошки та області їх застосування.	1		2
14.	Вуглецеві наноматеріали. Графен. Фулерени. Нанотрубки.	2		4
15.	Плівкові системи.	2		4
16.	Компактовані наноматеріали.	1		2
17.	Композиційні наноматеріали.	1		2
	Модульна письмова робота	1		2
	Всього	30		60

Загальний обсяг год. - **90**, в тому числі:

Лекцій – **30** год.

лабораторні заняття – **0** год.

Самостійна робота - **60** год.

## 9. Рекомендовані джерела:

### а) основні:

1. Формування та дослідження наноструктурованих матеріалів для фотовольтаїки: монографія / [С. І. Павлик, Н. І. Строїтелева, А. О. Ніконова та ін. ; під ред. Левінзона Д. І.] ; Запорізька державна інженерна академія. - Запоріжжя : ЗДІА, 2018. - 321 с. (НБУ ім.В.І.Вернадського).
2. Лисенков Е. А. Теоретичний аналіз електропровідності полімерних нанокompозитів на основі олігогліколів та вуглецевих нанотрубок / Е. А. Лисенков, В. В. Клепко // Журнал фізики та інженерії поверхні. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 17-26. (<https://periodicals.karazin.ua/pse/article/view/6090>)
3. Наноматеріали в хімії та фармації. Пилипчук Л.Л., Близнюк В.М.- Олді-Плюс, 2020, 168 с. (НБУ ім.В.І.Вернадського).
4. Пул Ч., Оуенс Ф. Нанотехнологии.// М: Техносфера. 2005. 336 с. (бібліотека кафедри)
5. А.И. Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. М.:«Физматлит», 2005, 416 с. бібліотека кафедри)
6. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. Уч. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 117 с. (бібліотека кафедри)
7. E.L. Wolf. Nanophysics and nanotechnology. An Introduction to modern Concepts in Nanoscience. Wiley-VCH, Verlag GBH&Co.KGaA.2004. – 185 p. (електронна бібліотека кафедри).
8. Петров Ю.И. Физика малых частиц. М.: Наука, 1984, 360 с. (електронна бібліотека кафедри)
9. Суздаев И. П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006. –592 с. (електронна бібліотека кафедри) [http://www.vixri.ru/d/Suzdalev%20I.P.%20\\_NANOTECHNOLOGIJa.pdf](http://www.vixri.ru/d/Suzdalev%20I.P.%20_NANOTECHNOLOGIJa.pdf)
10. И.П. Суздаев, П. И. Суздаев. Нанокластеры и нанокластерные системы. Организация, взаимодействия, свойства. // Успехи химии. – 2001. – Т.70. №3. – С. 203-240. [https://www.uspkhim.ru/php/paper\\_rus.phtml?journal\\_id=rc&paper\\_id=627](https://www.uspkhim.ru/php/paper_rus.phtml?journal_id=rc&paper_id=627)
11. Ковтун Г.П., Веревкин А.А. Наноматериалы: технологии и материаловедение: Обзор. - Харьков: ННЦ ХФТИ, 2010. - 73 с. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/41/124/41124865.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/124/41124865.pdf)
12. В.В. Погосов, Ю.А. Куницький, А.В. Бабіч, А.В. Коротун, А.П. Шпак. Нанофізика і нанотехнології. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 380 с. (бібліотека кафедри)
13. А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, В.Л. Карбовский. Кластерные и наноструктурованные материалы. Т.1, К.: Академперіодикп, 2001. – 588 с. (бібліотека кафедри)

### Інтернет-ресурс:

Журнал: Nature nanotechnology <https://www.nature.com/nnano/volumes>

### *Бази даних та портали по нанофізиці*

A to Z Nanotechnology ([www.azonano.com](http://www.azonano.com)) - Комплексний ресурс, присвячений нанотехнологіям, підготовлений AZoNetwork Australian Online publishing company.

Nanotechnology News ([phys.org](http://phys.org)) - Підтримуваний Omicron Technology Limited портал наукових новин, присвячених нанофізиці та нанотехнологіям в цілому.

Nanotechnology ([www.zyvex.com](http://www.zyvex.com)) Підготовлений Ральфом Меркле (Інститут молекулярних технологій) агрегатор ресурсів по нанотехнологіям.

NanoHUB (nanohub.org) доступ до інформації та інструментам моделювання різних наноструктур та нанопристроїв.

Nano. The magazine for small science (www.nanomagazine.co.uk) Представлені ION Publishing LTD безкоштовні статті з журналів по нанотехнологіям

Project on Emerging Nanotechnologies (www.nanotechproject.org) Підтримуваний Pew Charitable Trust проект, присвячений історії та розвитку нанотехнологій. Представлені вільні версії відповідних досліджень.

**б) додаткові:**

1. Новиков Л.С., Воронина Е.Н. Перспективы применения наноматериалов в космической технике. – М. Университетская книга. – 2008. – 188 с.
2. Р. А. Андриевский. Наноматериалы: концепция и современные проблемы // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева), 2002, т. XLVI, №5 С. 50 -56.
3. В.Г. Удовицкий. О терминологии, стандартизации и классификации в области нанотехнологий и наноматериалов. ФП ФИП PSE, 2008, т. 6, № 3-4, vol. 6, No. 3-4. – С.193-201,
4. Г.Н. Макаров. Кластерная температура. Методы ее измерения и стабилизации// УФН. – 2008. – Т.178, №4. – С. 337-376.,
5. И. Д. Морохов, В.И. Петин, Л.И. Трусков, В.Ф. Петрунин. Структура и свойства металлических частиц // УФН. – 1981. – Т.133, №4. – С. 653-692.
6. Polishchuk, D. M., Kulyk, M. M., Holmgren, E., Pasquale, G., Kravets, A. F., & Korenivski, V. (2020). Вплив нанорозмірного ефекту та немагнітного розбавлення на міжшарову обмінну взаємодію в багатошарових структурах Fe–Cr/Cr. Український фізичний журнал, 65(10), 892-897.-
7. Бардашевська С.Д., Будзуляк І., Будзуляк С., Рачій Б. і Бойчук А. 2018. Напівпровідникові квантові точки, як матеріали для лазерів на їх основі. Фізика і хімія твердого тіла. 19, 2 (Чер 2018), 113-129.
8. Ховерко Ю. і Щербань Н. 2019. Електропровідність та магнетоопір мікроструктур кремнію за низьких температур в околі переходу метал-діелектрик. Фізика і хімія твердого тіла. 19, 3 (Жов 2019), 246-253.
9. Бойчук В., Шийко Л., Коцюбинський В. і Качмар А. 2019. Структура і морфологія нанокompозитних матеріалів MoS<sub>2</sub> / Carbon. Фізика і хімія твердого тіла. 20, 1 (Квіт 2019), 63-68.