

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Коливальні процеси в наноструктурованих матеріалах

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
(шифр і назва)  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
(шифр і назва спеціальності)  
освітній рівень бакалавр  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
освітня програма Фізика  
(назва освітньої програми)  
спеціалізований  
вибірковий блок Фізика наноструктур в металах та кераміках  
вид дисципліни вибіркова *82 12*

Форма навчання очна  
Навчальний рік 2021/2022  
Семестр 8 ✓  
Кількість кредитів ECTS 4 ✓  
Мова викладання, навчання українська  
та оцінювання  
Форма заключного контролю залік ✓

Викладачі: Ліщук Павло Олександрович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

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

Розробники: Ліщук Павло Олександрович, кандидат фіз.-мат. наук,  
асистент кафедри загальної фізики  
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри



(підпис)

(Боровий М.О.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 10 від 18 травня 2021 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

протокол №4 від 22 червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії

(підпис)

(прізвище та ініціали)



(Оліх О.Я.)



## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – є отримання глибоких та систематичних знань з сучасної квантової фізики конденсованих середовищ та методів опису та дослідження елементарних збуджень у наноструктурованих матеріалах.

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

1. Знати основні закони квантової фізики, статистичної фізики та термодинаміки, методи розв'язку задач квантової механіки, метод термодинамічних потенціалів, класичні та квантові функції розподілу.

2. Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, математичної фізики, фізичного матеріалознавства для розв'язку квантомеханічних задач та задач про будову неупорядкованих систем.

3. Володіти елементарними навичками розв'язку задач на власні функції та власні значення при моделюванні фізичних систем, розраховувати енергетичні спектри в квантово-механічних задачах.

**3. Анотація навчальної дисципліни /референс:**

В межах дисципліни «Коливальні процеси в наноструктурованих матеріалах» розглядаються фундаментальні фізичні принципи, які дозволяють здійснювати опис конденсованих середовищ на базі їхньої симетрії і поняття про елементарні збудження і квазічастинки. Для опису останніх використовуються сучасні квантово-механічні методи опису багаточастинкових систем (зокрема, метод вторинного квантування). З точки зору забезпечення викладення основних принципів та методів фізики реальних неупорядкованих та наноструктурованих систем, розділом якої є фізичне матеріалознавство, даний курс висвітлює коло питань щодо основних теоретичних і експериментальних методів дослідження властивостей як об'ємних кристалічних та аморфних речовин, так і наноструктурованих матеріалів на їх основі. Даний курс забезпечує вивчення основних фізичних принципів дослідження теплових, електронних і структурних властивостей вказаних систем.

**4. Завдання (навчальні цілі)** – вивчення основних підходів до опису систем багатьох частинок на базі симетрії системи і поняття про елементарні збудження і квазічастинки, вивчення різних типів неупорядкованих систем і їх особливостей, розгляд експериментальних методів дослідження теплових, електронних і структурних властивостей таких систем, що включає засвоєння основних фізичних принципів опису конденсованих середовищ і оволодіння методами теоретичного розв'язку задач квантової фізики реальних конденсованих систем.

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

Інтегральних:

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

Загальних:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК7. Навички здійснення безпечної діяльності.
- ЗК8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК13. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

Фахових:

- ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики при вивченні та дослідженні фізичних явищ і процесів.
- ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- ФК5. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.
- ФК6. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
- ФК7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- ФК8. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.
- ФК9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- ФК10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.
- ФК13. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.
- ФК15. Здатність аналізувати світові тренди розвитку фізики та астрономії для вибору власної освітньої траєкторії навчання та тематики майбутніх наукових досліджень.

**5. Результати навчання за дисципліною:***(описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)*

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
<i>Код</i>	<i>Результат навчання</i>			
<i>1.1</i>	Оволодіння статистичними та квантово-механічними методами опису елементарних збуджень та квазічастинок	<i>Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи,</i>	20

			<i>захист лабораторних робіт, залік</i>	
1.2	Оволодіння сучасними теоретичними методами дослідження та опису фізичних властивостей речовин з неупорядкованою структурою	<i>Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, іспит</i>	20
2.1	Опанування експериментальних та теоретичних методів дослідження наноструктурованих матеріалів	<i>Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота</i>	<i>Опитування в процесі лекцій, модульні контрольні роботи, захист лабораторних робіт, залік</i>	20

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)**

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	2.1
Програмні результати навчання			
ПРН2. 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.	+	+	
ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.		+	+
ПРН7. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації	+	+	+
ПРН12. Вміти представляти одержані наукові 17 результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження			+
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та 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.			
ПРН16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.			+
ПРН17. 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.	+	+	+
ПРН21. Розуміти основні принципи здорового способу життя та вміти застосовувати їх для підтримки власного здоров'я та працездатності.			+
ПРН22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.	+	+	+
ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.	+	+	+
ПРН25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітніх траєкторій та професійного розвитку.	+	+	+

### Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Елементарні збудження і квазічастинки; основні властивості наноструктурованих систем», який включає в себе 8 лекцій та «Експериментальні та теоретичні методи дослідження теплових, електронних і структурних властивостей наноструктурованих матеріалів», який складається з 7 лекцій.

### 7. Схема формування оцінки:

**7.1 Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

#### - семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (20 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (20 балів).
3. Лабораторні роботи (20 балів).

#### - підсумкове оцінювання у формі заліку.

**Підсумкове оцінювання у формі екзамену<sup>4</sup>:** (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	18	18	24	60
Максимум	30	30	40	100

у випадку комплексного екзамену слід вказати питому вагу складових

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.<sup>5</sup>  
(слід чітко прописати умови, які висувуються викладачами даної дисципліни).

4 Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (100 балів - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: 60 балів (60%) – семестровий контроль і 40 балів (40%) – екзамен).

5 У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – 20 балів, а рекомендований мінімум не менше 36 балів, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше 24 балів (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони не додаються до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

**7.2 Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

### 7.3. Шкала відповідності

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail</b>	35-59
<b>Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail</b>	0-34
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабор. роботи	самост. робота
<b>Частина 1.</b> Елементарні збудження і квазічастинки; основні властивості наноструктурованих систем.				
1	Предмет і завдання курсу. Матеріали та їх класифікація. Трансляційна інваріантність. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		6
2	Елементарні збудження і квазічастки. Вирішення задачі багатьох частинок на прикладі лінійного ланцюжка зв'язаних осциляторів в гармонійному наближенні. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	2	4
3	Різні типи елементарних збуджень і квазічастинок. Фонони. Квантування коливань кристалічної ґратки методом вторинного квантування. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		6

4	Зонна теорія твердих тіл. Електронна теорія напівпровідників. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	2	4
5	Теплове розширення твердих тіл. Фононна теплоємність. Теплоємність електронного газу. Динаміка руху квазічастинок у матеріалі. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		6
6	Класифікація дефектів. Визначення та основні особливості неупорядкованої системи. Типи неупорядкованих систем. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	2	4
7	Особливості поширення тепла в низьковимірних системах. Електронні збудження у неупорядкованих низьковимірних системах. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		6
8	Вплив структурних модифікацій низькорозмірних матеріалів на зміну їх електро- та теплотранспортних властивостей с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	2	4
<i>Контрольна робота 1</i>				
<b>Частина 2.</b> Експериментальні та теоретичні методи дослідження теплових, електронних і структурних властивостей наноструктурованих матеріалів.				
9	Дифракційні методи. Пружне розсіяння на системі атомів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		6
10	Особливості непружного розсіяння рентгенівських променів і нейтронів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	2	4
11	Фототермічне перетворення у низьковимірних системах при їх стаціонарному лазерному опроміненні. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		6
12	Дослідження фототермічного перетворення в неоднорідних низьковимірних системах при застосуванні нестаціонарних періодичних методів нагріву. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	2	4
13	Особливості формування температурного збурення у низьковимірних системах при їх імпульсному лазерному опроміненні. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		6
14	Метод скануючої теплової мікроскопії для дослідження теплофізичних властивостей наноструктурованих матеріалів с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2	2	4
15	Фототермічні процеси в наноструктурованих системах з фазовим перетворенням. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.	2		6
<i>Контрольна робота 2</i>				
<b>ВСЬОГО</b>		<b>30</b>	<b>14</b>	<b>76</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 120 год.<sup>6</sup>, в тому числі:



Лекцій – **30** год.

Семінари – **0** год.

Практичні заняття – **0** год.

Лабораторні заняття – **14** год.

Тренінги – **0** год.

Консультації – **1** год.

Самостійна робота – **76** год.

---

<sup>6</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА<sup>7</sup>:

### *Основна: (Базова):*

1. А.А. Абрикосов. Основы теории металлов. М. : Наука, 1987.
2. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1966.
3. Дж. Займан. Современная квантовая теория. М. : Мир, 1971.
4. Дж. Займан. Модели беспорядка. М. : Мир, 1982.
5. И.М.Лифшиц, С.А.Гредескул, Л.А.Пастур. Введение в теорию неупорядоченных систем. М. : Наука, 1982.
6. Электронная теория неупорядоченных полупроводников. М. : Наука, 1981.
7. Ч. Киттель. Квантовая теория твердых тел. М. : Наука, 1967.
8. Alam and A. Mookerjee. Inelastic neutron scattering in random binary alloys. Phys. Rev. B71, 094210, 2005.
9. Alam and A. Mookerjee. Vibrational properties of phonons in random binary alloys. Phys.Rev. B69, 024205, 2004.

### *Додаткова:*

1. А. Марадудин, Э. Монролл, Дж. Вейсс. Динамическая теория кристаллической решетки в гармоническом приближении. М. : Мир, 1965.
2. А. Марадудин. Дефекты и колебательный спектр кристаллов. М. : Мир, 1968.
3. Ю.А. Изюмов, М.В. Медведев. Теория магнитоупорядоченных кристаллов с примесями. М. : Наука, 1970.
3. Г. Эренрейх, Л. Шварц. Электронная структура сплавов. М. : Мир, 1979.
5. В.Ф. Лось, С.П. Репецкий. Методы теории неупорядоченных систем. Электронные свойства сплавов. Киев. : Наукова думка, 1995.
6. Н. Мотт, Э. Дэвис. Электронные процессы в некристаллических веществах. Москва: Мир, 1982.

---

<sup>7</sup> В тому числі Інтернет ресурси