

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра фізики металів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
навчальної роботи
Оксана МОМОТ
«23» червня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вступ до фізики невідпорядкованих систем

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	104 Фізика та астрономія
освітній рівень	Бакалавр
освітня програма	Фізика
спеціалізований вибірко́вий блок	Фізика наносистем
вид дисципліни	Вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	сьомий
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

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)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

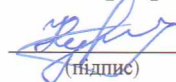
КИЇВ – 2025

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

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів


(підпис)

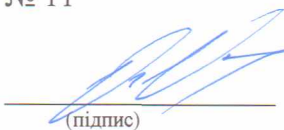
(Василь КУРИЛЮК)

Протокол № 12 від «22» травня 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «23» червня 2025 року № 11

Голова науково-методичної комісії


(підпис)

(Олег ОЛІХ)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – Розглянути основні типи неупорядкованості в конденсованих системах, методи їх опису та досліджень та вплив різних типів неупорядкованості на фізичні явища.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, квантової механіки та статистичної фізики, фізики твердого тіла, дифракційних методів досліджень, кристалографії, курсів вищої математики.
2. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів загальної фізики, квантової механіки та статистичної фізики, фізики твердого тіла, дифракційних методів досліджень, кристалографії 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: Вибіркова навчальна дисципліна “Вступ до фізики неупорядкованих систем” є складовою циклу підготовки фахівців освітнього рівня “бакалавр”. Зокрема її фундаментальні закони та поняття про неупорядкованість широко використовуються в ряді важливих дисциплін, які є складовими таких розділів фізики як фізики та теорії твердого тіла. Основна задача - ознайомлення студентів з основними положеннями та підходами, що використовуються для опису загальних закономірностей та уявлень для опису різних типів неупорядкованостей з метою встановлення закономірностей їх впливу на фізичні властивості. “Вступ до фізики неупорядкованих систем” розглядає основні сучасні уявлення про неупорядкований стан речовини, прояв такої неупорядкованості на внутрішню будову та властивості, включає цілий ряд специфічних термінів, категорій, законів та підходів до опису неупорядкованих структур. Результатом навчання є оволодіння знаннями про структуру неупорядкованого стану та її вплив на фізичні властивості.

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення студентів з основними фізичними та геометричними аспектами неупорядкованого стану та моделі опису неупорядкованості різних типів. Дати основи впливу на фізичні властивості неупорядкованості різних типів. Розглянути основні методи дослідження параметрів неупорядкованого стану.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП “Фізика”, спеціалізований вибірковий блок «Фізика наносистем»), дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

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

загальних:

- § Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. (ЗК1).
§ Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК2).
§ Навички здійснення безпечної діяльності (ЗК7).
§ Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК8).

фахових:

- § Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. (ФК1).

- § Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів. (ФК3).
- § Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень. (ФК4).
- § 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).

5. Результати навчання за дисципліною:

<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>
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні типи невідповідності.	лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, залік	40
1.2	Знати параметри та фізичні величини, що характеризують основні типи невідповідності.	лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота, усне опитування, захист завдань для самостійного опрацювання, залік	40
2.1	Вміти описувати визначати параметри невідповідності та їх вплив на фізичні величини.	лабораторні роботи, реферативні сповіщення	Захист лабораторних робіт, захист завдань для самостійного опрацювання, підготовка рефератів	20
4.1	Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з джерелами іонізаційного випромінювання	лабораторні роботи	Захист лабораторних робіт	допуск до виконання лаб. робіт

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

<i>Результати навчання дисципліни</i>	1.1	1.2	2.1	4.1
Програмні результати навчання				
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати 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 8 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.				
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.		+	+	
ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.			+	
ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.			+	
ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.				+
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.	+	+	+	
ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:(max/min)

1. Контрольна робота 1 за темами 1-6: РН 1.1 – 17 балів / 11балів
2. Контрольна робота 2 за темами 7-9: РН 1.2 – 17 балів / 11балів
3. Усне опитування та захист завдань для самостійного опрацювання – 6 бали / 2бали
3. Лабораторні роботи (4 робіт) : РН 2.1, 4.1 – 15 балів / 9балів
4. Підготовка рефератів: РН 2.1 – 5 балів / 3бали

- підсумкове оцінювання у формі заліку.

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання заліку дорівнює 40. Для отримання заліку оцінка за залік не може бути меншою 24 балів. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 бали. Студент допускається до заліку за умови виконання всіх передбачених планом лабораторних робіт та написання відповідної якості рефератів.

7.2 Організація оцінювання:

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

Захист звітів лабораторних робіт та доповіді по рефератам проводиться упродовж

семестру.

7.3 Шкала відповідності оцінок

<i>Зараховано</i> / Passed	60-100
<i>Не зараховано</i> / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

№ n/n	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	С/Р
Змістовий модуль 1 Типи неупорядкованості				
1	Вступ. Поняття про порядок та безлад.	2		
2	Тема 1. Ідеальний кристалічний стан, як приклад ідеально впорядкованої структури. Просторова ґратка та її елементи. Елементи симетрії кристалів.		10	
3	Тема 2. Основні типи неупорядкованості. Поняття про топологічний та композиційний (хімічний) порядок. Невпорядкованість заміщення. Магнітна неупорядкованість. Льодовий безлад	3		10
4	Тема 3. Ближній та дальній порядок. Ближній порядок. Ближній порядок по Бетте. Ближній порядок і кореляції. Ближній порядок в моделі Ізінга. Дальній порядок. Розмір області впорядкування та впорядковані домени.	3		10
5	Тема 4. Топологічний безлад. Атомна структура. Невпорядковані лінійні ланцюжки. Фізична реалізація одномірних систем. Розмірність та порядок. Дислокаційний безлад. Полікристалічний безлад.	3		8
6	Тема 5. Функції розподілу. Атомні функції розподілу. Аморфний та паракристалічний, як основні підходи до опису неупорядкованих модельних структур. Моделі опису рідкого та аморфного стану. Безлад газового типу.	4		12
7	Модульна контрольна робота 1	1		2
Змістовий модуль 2 Дослідження неупорядкованого стану та деякі особливості прояву неупорядкованості на фізичних властивостях				
8	Тема 6. Спостереження безладу. Основні положення дифракції. Дифракція нейтронів та рентгенівських променів. Малокутове розсіювання. Розсіювання в суміші. Дифракційні ефекти в неупорядкованих сплавах заміщення. Дифракція та заміщення. Дослідження ближнього порядку методом EXAFS.	4		5
9	Тема 7. Теорія перколяції. Поняття про перколяцію. Задачі перколяції на регулярних ґратках. Перколяція на ґратці Бете. Регулярні ґратки: плоскі та просторові. Пороги протікання. Оцінка порогу протікання задачі вузлів. Задача координатних сфер. Структура нескінченного кластеру. Модель Шкловського – де Жена. Роль розмірів системи. Електропровідність поблизу порогу протікання.	4		5
10	Тема 8. Фрактальні системи. Фрактальна структура та фрактальна розмірність. Властивості геометричних фрактальних систем. Фрактальні структури в фізичних процесах та явищах	2		4

11	Тема 9. Вплив неупорядкованості на властивості матеріалів. Збудження в неупорядкованих системах. Вплив неупорядкованості на електронну структуру. Густина станів. Теорія скачкової провідності. Локалізація та делокалізація носіїв. Гранульовані матеріали. Кулонівська блокада та перехід метал-ізолятор.	3		8
12	Модульна контрольна робота 2	1		2
Перелік лабораторних робіт				
	Робота 1. Одержання та обробка дифрактограм від простих кубічних систем		2	
	Робота 2. Визначення типу твердого розчину		2	
	Робота 3. Визначення параметру дальнього порядку		2	
	Робота 4. Профільний аналіз дифракційних максимумів		2	
	Робота 5. Роздільне визначення розміру кристалітів та мікронапружень різними методами		2	
	Робота 6. Використання програмних пакетів для обробки дифракційних спектрів (на прикладі програмного пакету FullProf)		4	
	ВСЬОГО	30	14	76

Загальний обсяг **120 год.**, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Лабораторні – **14 год.**

Консультації – **0 год.**

Самостійна робота - **76 год.**

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна:

1. В.П. Казіміров, В.Е. Сокольський, О.С. Роїк, О.В. Самсонніков. Структура неупорядкованих систем. Теорія, експериментальні методи, моделювання. Київ: Київський університет, 2009. – 319 с.
2. J.M. Ziman. Models of Disorder: The Theoretical Physics of Homogeneously Disordered Systems. Cambridge University Press, 1979. – 592 p.
3. S. Baranovskii, O. Rubel. Charge Transport in Disordered Materials. In: S. Kasap, P. Capper (Eds.), Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. Springer, 2017, pp. 193–218.
4. A.L. Efros. Physics and Geometry of Disorder. Pergamon Press, 1986. – 240 p.
5. А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, В.Л. Карбівський. Кластерні та наноструктурні матеріали. Київ: Академперіодика, 2001.
6. М.І. Захаренко, М.П. Семенко. Методи структурного аналізу. Київ: Вища школа, 2012.

Додаткова:

1. Семенко М.П. „Структурна кристалографія” (вибрані лекції по кристалографії) для студентів фізичного факультету.// Київ. – 2019 р. – 63 с.
2. Physics of Disordered Materials. Ed. D. Adler, H. Fritzsche, S. R. Ovshinsky. Plenum Press, New York and London. – 1985. – 850 с.
3. Schulze, G.E.R. Metal Physics. Springer-Verlag, Vienna/New York, 1974. – 494 p.