

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Голова науково-методичної ради  
факультету фізики, електроніки та  
комп'ютерних систем



**Андрій ТУРІНОВ**

«25» червня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**ОК 2.2 Методи досліджень в сучасній фізиці**

**для здобувачів вищої освіти**

рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

галузь знань 10 Природничі науки

спеціальність 104 Фізика та астрономія


освітня програма Фізика та астрономія

рік набору 2024/2025 форма навчання денна термін навчання 4 роки

вид дисципліни обов'язкова

Розробник: професор кафедри теоретичної фізики О.Й. Соколовський, доктор ф.-м. н., професор

Погоджено гарант ОП



В.В. Скалозуб

Робоча програма схвалена на засіданні кафедри теоретичної фізики

Протокол від «14» червня 2024 р. № 142

Ухвалено на засіданні науково-методичної ради факультету фізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від «25» червня 2024 р. № 27

## Опис навчальної дисципліни

Навчальний рік (роки*) викладання дисципліни	Курс	Семестр	Підсумковий контроль				Індивідуальні завдання		Кредитів ECTS	Обсяг роботи студента (години)					
			екзамен	диф.залик	залик	курсова робота	форма	кількість		аудиторні					самостійна робота
										всього	всього аудиторних	лекції	практичні заняття	семінарські заняття	
2024/25	2	1	1					6,0	120	48	32	16	-	-	132

### 1. Мета дисципліни:

До найважливіших складових методів досліджень в сучасній фізиці належать теорія нерівноважних процесів та теорія фазових переходів. Тому мета вивчення дисципліни включає два розділи:

- 1) Вивчення основних методів сучасної теорії нерівноважних процесів.
- 2) Вивчення основних методів сучасної теорії фазових переходів.

Теорія нерівноважних процесів і теорія фазових переходів є найбільш складними для розуміння розділами статистичної фізики. Вона є важливою частиною сучасної природничої та інженерної освіти. Курс включає основні теоретичні положення нерівноважної статистичної механіки, низку її застосувань, а також необхідні для її вивчення питання класичної та квантової механіки.

### *Вивчення дисципліни забезпечує формування компетентностей за ОП:*

**ЗК01.** Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

**ЗК03.** Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності.

**ЗК06.** Здатність до пошуку, оброблення на аналізу інформації з різних джерел.

**СК01.** Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики та/або астрономії, інтегрувати знання з різних галузей, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

**СК02.** Здатність відстежувати тенденції розвитку фізики та/або астрономії, їх прикладних застосувань, критично переосмислювати наявні знання та методи фундаментальних та прикладних наукових досліджень.

**СК03.** Здатність представляти та обговорювати результати своєї науково-дослідницької роботи державною мовою, а також англійською мовою чи одною з офіційних мов Європейсько Союзу, в усній та в письмовій формі, опрацьовувати наукову літературу з фізики та/або астрономії і ефективно використовувати нову інформацію з різних джерел.

**СК05.** Здатність ініціювати, розробляти та реалізовувати науково-дослідницькі, розробницькі та інноваційні проекти у сфері фізики та/або астрономії, планувати й організувати роботу науково-дослідницьких, розробницьких та інноваційних колективів.

## 2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни.

Для успішного проходження викладацької практики здобувачі вищої освіти повинні опанувати дисципліни «Класична механіка», «Електродинаміка», «Квантова механіка».

## 3. Результати навчання за дисципліною та їх співвідношення із програмними результатами навчання.

№	Результати навчання за дисципліною	Програмні результати навчання	Номери тем
1	<p>У результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати: ідею функціональної гіпотези Боголюбова, основні положення методу скороченого опису, зв'язок функціональної гіпотези з підходом Боголюбова до теорії нелінійних коливань, основні положення методу Чепмена–Енскога, особливості опису станів системи кінетичним рівнянням, особливості опису станів системи рівняннями гідродинаміки, підхід до опису станів системи при наявності змінного у часі зовнішнього поля.</p> <p>вміти: вивести кінетичне рівняння для броунівської частинки в рівноважному середовищі, виходячи з рівняння Ліувілля, вивести рівняння гідродинаміки системи броунівських частинок на основі кінетичного рівняння Фоккера–Планка, побудувати скорочений опис системи каталізу Міхаеліса–Ментен.</p>	<b>РН06.</b> Планувати і виконувати прикладні та/або фундаментальні дослідження з фізики та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних методів, методик, технологій, інструментів та обладнання, з дотриманням норм академічної етики, критично аналізувати результати наукових досліджень у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; готувати проєктні пропозиції щодо фінансування наукових досліджень та/або розробницьких і інноваційних проєктів.	T1, T3
2	<p>У результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати умови стійкості стану термодинамічної рівноваги, класифікацію фазових переходів за Еренфестом, основні риси фазових переходів I роду на прикладі системи Ван-дер-Ваальса, основні риси фазових переходів II роду, ідею запровадження критичних індексів, уявлення про нерівноважний термодинамічний потенціал в теорії Ландау, уявлення про метастабільні стани, ідею самоузгодженого поля.</p> <p>вміти: обчислити критичні індекси системи Ван-дер-Ваальса, обчислити хімічний потенціал надпровідника, обчислити хімічний потенціал феромагнетика в теорії Ландау, обчислити критичні індекси в теорії Ландау, обчислити хімічний потенціал феромагнетика в теорії Вейсса.</p>	<b>РН07.</b> Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи	T4, T5

#### 4. Структура навчальної дисципліни.

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин*				
		лекції	практичні заняття	семінарські заняття	лабораторні заняття	самостійна робота
<b>Розділ 1. Особливості наукових досліджень</b>						
1	Вігнерівська функція розподілу	1				5
2	Функціональна гіпотеза і її наслідки	1				5
3	Кінетичні рівняння для плазми	1	3			6
4	Параметри скороченого опису гідродинаміки	1				2
5	Функціональна гіпотеза та її наслідки.	1				2
6	Розв'язання рівнянь теорії у теорії збурень	1				3
7	Рівняння гідродинаміки плазми	1				3
8	Рівняння гідродинаміки у наближенні малої взаємодії	1	3			3
9	Узагальнення методу Чепмена-Енскога	1				3
10	Побудова рівнянь гідродинаміки плазми на основі кінетичного рівняння	2				8
11	Наближення малого часу кореляції зовнішнього поля	1				8
12	Наближення малого часу кореляції зовнішнього адитивного поля	1				8
13	Методи ренорм-групи в теорії стохастичних процесів	1	3			8
14	Уявлення про фазові переходи.	1				8
15	Стійкість критичного стану.	1	3			9
16	Фазовий перехід в системі Ван-дер-Ваальса.	1				4
17	Критична точка системи Ван-дер-Ваальса.	1				4
18	Фазовий перехід надпровідник ↔ нормальний провідник.	2				4
19	Критична точка розшарування рідин.	1				5
20	Теорія Ландау фазового переходу парамагнетик ↔ феромагнетик.	1				5
21	Критичні індекси системи пара-феромагнетик в теорії Ландау.	2				4
22	Узагальнення теорії Ландау на випадок просторово-неоднорідних станів.	1				4
23	Принцип Больцмана і опис флуктуацій в теорії Ландау.	1	2			4
24	Теорія Вейсса фазового переходу пара ↔ феромагнетик.	2				5
25	Наближення самоузгодженого поля в моделі Гейзенберга.	1				4
26	Ефективний гамільтоніан системи в околі точки фазового переходу. Підхід Леонтовича–Ландау.	2	2			4
27	Ефективний гамільтоніан системи в околі точки фазового переходу. Підхід Ландау.	1				4
<b>Всього</b>		<b>32</b>	<b>16</b>			<b>132</b>

## Тематика практичних занять

№ Теми	Тематика (назва) практичного заняття	Кількість годин	Рекомендована література (№ з переліку)
Теми 1	Розв'язання рівнянь теорії у теорії збурень	2	№ 1-18
Теми 2	Побудова рівнянь гідродинаміки на основі кінетичного рівняння	2	№ 1-18
Тема 3	Методи ренорм-групи в теорії стохастичних процесів	3	№ 1-18
Теми 4	Фазові переходи I роду. Фазові переходи II роду.	3	№ 1-18
Теми 5	Рівняння Ван-дер-Ваальса як рівняння теорії самоузгодженого поля.	3	№ 1-18
Теми 6	Основна ідея метода ренормгрупи в теорії фазових переходів.	3	№ 1-18
<b>Всього годин</b>		<b>16</b>	

## Тематика самостійної роботи

№ Теми	Тема самостійної роботи	Кількість годин	Рекомендована література (№ з переліку)
Тема 1	Квантове кінетичне рівняння	16	№ 1-18
Тема 2	Рівняння гідродинаміки	16	№ 1-18
Тема 3	Метод Чепмена-Енскога	16	№ 1-18
Тема 4	Скорочений опис при наявності випадкового зовнішнього поля	16	№ 1-18
Тема 5	Уявлення про фазові переходи	17	№ 1-18
Тема 6	Прості моделі фазових переходів	17	№ 1-18
Тема 7	Теорія Ландау фазових переходів II роду	17	№ 1-18
Тема 8	Мікроскопічна теорія фазових переходів	17	№ 1-18
<b>Всього годин</b>		<b>132</b>	

### 5. Схема формування оцінки.

#### 5.1 Шкала відповідності оцінювання:

Відмінно/Excellent	Зараховано/Passed	90-100
Добре/Good		82-89
		75-81
		64-74
Задовільно/Satisfactory		60-63
Незадовільно/Fail	Не зараховано/Fail	0-59

## 5.2 Форми та організація оцінювання:

### Поточний контроль:

Форма оцінювання	Строки проведення оцінювання (тижні викладання)	Максимальна кількість балів
Опитування-бесіда за темами практичних робіт (теми 1-6) – 6 опитувань	1-17	6 опитувань по 10 балів кожне = 60 балів
<b>Максимальна кількість балів за поточне оцінювання</b>		<b>60</b>

### Семестровий контроль:

Форма оцінювання	Максимальна кількість балів
Екзамен	40

## 5.3 Критерії оцінювання:

<b>Критерії оцінювання знань здобувачів*</b>	
<b>Оцінювання виконання, оформлення й захисту практичних робіт</b>	
<b>Бали</b>	<b>Критерій</b>
При оцінюванні враховується: <ul style="list-style-type: none"><li>• правильність та точність виконання роботи;</li><li>• осмислення та глибина розуміння досліджуваної проблеми,</li><li>• уміння екстраполювати отримані знання на вирішення інших подібних проблем;</li><li>• обізнаність у поняттях наукової етики.</li></ul>	
0 балів «незадовільно»	Здобувач неспроможний надати відповіді на запитання за темою практичної роботи; не розуміє цілі, задачі і зміст роботи, при цьому робота виконана невірно або робота не виконана.
1-6 балів «незадовільно»	Робота виконана зі значними помилками, здобувач має поверхневе уявлення щодо мети та практичного призначення роботи, відсутня здатність до репродуктивного застосування знань
7 балів «задовільно»	Робота виконана з помилками. Здобувач дає неповні відповіді лише на окремі запитання; відсутня ґрунтовна аргументація власної думки.
8-9 балів «добре»	Здобувач дає відповіді не на усі запитання, іноді відповіді фрагментарні; аргументація власної думки не завжди доведена; наявне репродуктивне застосування знань. Практична робота виконана вірно або з незначними помилками.
10 балів «відмінно»	Здобувач надає повні та ґрунтовні відповіді на всі запитання; демонструє уміння визначати головні та найбільш актуальні аспекти роботи; вдало аргументує власну думку; демонструє аналітичні навички в обговоренні переваг і недоліків кожного із трактувань обговорюваної проблеми; відмінна якість виконання практичної роботи.
<b>Поточна перевірка знань за матеріалом тем, що були вивчені, та питаннями для самостійної роботи - тестування</b>	
<b>Бали</b>	<b>Критерій</b>

0-6 балів «незадовільно»	До 59% невірних відповідей
7 балів «задовільно»	Від 60 до 74 % вірних відповідей
8-9 балів «добре»	Від 75 до 89 % вірних відповідей
10 балів «відмінно»	Від 90 до 100 % вірних відповідей

## **6. Методи навчання, інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна:**

### **Методи навчання:**

Методи навчання:

- Самостійне навчання (опанування завдань для самостійної роботи у результаті аналізу та переосмислення рекомендованої навчальної та наукової літератури з інноваційної діяльності науковця).
- Інтерактивне навчання (дискусії, співбесіди).
- Словесні методи(лекції, пояснення)
- Наочні методи (презентації).
- Практичні методи (виконання практичних робіт та конкретних завдань).

### **Інструменти та обладнання:**

Мультимедійне обладнання.

### **Програмне забезпечення:**

MS Office 365, MS Teams, MS Forms, MS PowerPoint, MS SharePoint, Zoom.

## **7. Рекомендована література:**

### **Основна:**

1. Ахиезер А.И., Пелетминский С.В. Методы статистической физики. – М.: Наука, 1977. – 368 с.
2. Colangeli M. From Kinetic Models to Hydrodynamics. Some novel results. – N.Y.: Springer, 2013. – 96 p.
3. Gorev V.N., Sokolovsky A.I. Corrections to the Landau kinetic equation for a weakly dissipative randomly driven system and the fluctuation-dissipation theorem // Journal of Mathematical Physics. – 2019. – V.60, Issue 10. – P. 103303: 15.
4. Peletminskii S.V., Slyusarenko Yu.V., Sokolovsky A.I. Kinetics and hydrodynamics of long-wave fluctuations under external random force // Physica A. – 2003. – V.326, No. 3-4. – P.412-429.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Физическая кинетика. – М.: Наука, 1979. – 528 с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука, 1986. – 736 с.
7. Резибуа П., Де Леннер М. Классическая кинетическая теория жидкостей и газов. – М.: Мир, 1980. – 423 с.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. – М.: Наука, ч.1, 2002. – 616 с.
9. Лебедев В.В. Флуктуационные эффекты в макрофизике. – М.: МЦНМО, 2004. – 256 с.
10. Фишер М. Природа критического состояния. – М.: Мир, 1968. – 220 с.
11. Стенли Г. Фазовые переходы и критические явления. – М.: Мир, 1973. – 418 с.
12. Ма Ш. Современная теория критических явлений. – М.: Мир, 1980. – 298 с.
13. Паташинский А.З., Покровский В.Л. Флуктуационная теория фазовых переходов. – М.: Наука, 1982. – 382 с.

14. Румер Ю.В, Рывкин М.И. Термодинамика, статистическая физика и кинетика – М: Наука, 1977. – 550 с.
15. Базаров И.П. Термодинамика. – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Высш. шк., 1983. – 344 с.
16. Гиббс Дж.В. Термодинамические работы. /М: Гостехиздат, 1950. – 492 с.
17. Хуанг К. Статистическая механика. – М: Мир, 1966. – 520 с.
18. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. – М: Мир, 1978. – 402 с.

**Додаткова:**

1. Huang K. Introduction to Statistical Physics. – London: Taylor&Francis, 2001. – 305 p.
2. Боголюбов Н.Н., Боголюбов Н.Н. (мл.) Введение в квантовую статистическую механику. – М.: Наука, 1984. – 384 с.
3. Ферцигер Дж., Капер Г. Математическая теория процессов переноса в газах. – М.: Мир, 1976. – 556 с.
4. Румер Я.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. – М.: Наука, 1977. – 552 с.
5. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. – М.: Наука, 1983. – 416 с.
6. Климонтович Ю.Л. Статистическая физика. – М.: Наука, 1982. – 608 с.
7. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. – М.: МГУ, 1989. – 240 с.
8. Huang K. Introduction to Statistical Physics. – London: Taylor&Francis, 2001. – 305 p.
9. Huang K. Statistical Mechanics. – New York: John Wiley&Sons, 1987. – 493 p.
10. Прудников В.В., Вакилов А.Н., Прудников П.В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования. – М.: Физматлит, 2009. – 224 с.
11. Naronenko H. M., Sokolovsky A.I. Non-equilibrium Gibbs thermodynamic potential of a magnetic system/ Visnik Dnipropetrovs'kogo Unìversitetu. Seria Fizika, Radioelektronika. – 2016. – V. 24, Issue 23. – С. 45-52.
12. Солдатова Е.Д., Снегирев М.Г. О модели Рейнфорда-Эдвардса в окрестности критической точки металлического цезия // Вісник ДДУ. – 2000. Вип. 6. – С. 59-64.
13. Семенченко В.К. Термодинамическая устойчивость и фазовые переходы в кристаллах //Кристаллография. – 1964. – Т. 9, № 5. – С. 611-621.
14. Семенченко В.К. Избранные главы теоретической физики. – М: Просвещение, 1966. – 340 с.
15. Гиббс Дж. В. Термодинамические работы. – М.: Гостехиздат, 1950. – 492 с.

**8. Інформаційні ресурси:**

1. [http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner\\_material&id=6492](http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner_material&id=6492).
2. [http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner\\_lessons&id=2725](http://repository.dnu.dp.ua:1100/?page=inner_lessons&id=2725).
3. Румер Я.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М.: Наука, 1977, 552 с.; <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/statphys.htm>
4. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. М.: Наука, 1983, 416 с.; <http://ua.booksee.org/book/358239>