

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.ліфшиця

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету (директор  
навчально-наукового інституту)  
фізичний факультет  
(вказати назву структурного підрозділу)

фізичний факультет

(вказати назву структурного підрозділу)

ФІЗИЧНИЙ  
ФАКУЛЬТЕТ

ВОВК Руслан Володимирович

(вказати П.І.Б керівника)

“ 30 ” 09 2023р.

Робоча програма навчальної дисципліни

**Стохастичні методи у фізиці**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_

галузь знань \_\_\_\_\_ 10 Природничі науки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

спеціальність \_\_\_\_\_ 104 – Фізика та астрономія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

освітня програма \_\_\_\_\_ освітньо-наукова програма “Фізика” \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни \_\_\_\_\_ обов'язкова \_\_\_\_\_  
(обов'язкова / за вибором)

факультет \_\_\_\_\_ фізичний \_\_\_\_\_

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

“ 30 ” 08 2023 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

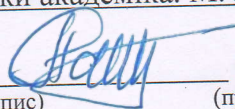
**Шкловський Валерій Олександрович, доктор фіз.-мат. наук, професор**

Програму схвалено на засіданні кафедри  
теоретичної фізики імені академіка. М. Ліфшиця

Протокол від “28” 08 2023 року, № 9

Завідувач кафедри теоретичної фізики академіка. М. Ліфшиця

(підпис)



( Рашба Г.І.)  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої програми

фізика (спеціальність 104 – фізика та астрономія)

назва освітньої програми

Гарант освітньої-професійної програми  
(керівник проектної групи) Бойко Ю.І.

(підпис)



Бойко Ю.І.  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

фізичного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “29” 08 2023 року № 7

Голова методичної комісії фізичного факультету

(підпис)



Макаровський М.О.  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Стохастичні методи у фізиці**» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки другого рівню вищої освіти – магістр

спеціальності (напрямку) – 104 – «фізика та астрономія»  
освітньо-професійна програма – фізика

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «**Стохастичні методи у фізиці**» є формування уявлень студентів про теорію стохастичних процесів у фізиці, зокрема про марковські, дифузійні, стаціонарні та гаусові процеси, основне кінетичне рівняння, різні форми рівняння Фоккера-Планка, Ланжевена, конроверсію Іто-Стратоновича

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни “ **Стохастичні методи у фізиці** ” навчити студентів

- основам теорії стохастичних процесів,
- знаходженню точних та наближених рішень основного кінетичного рівняння,
- теорії стохастичних диференціальних рівнянь із врахуванням конроверсії Іто-Стратоновича,
- користуючись навчальною та довідковою літературою, обирати адекватні методи вирішення задач стохастичної фізики.

Програмні компетентності, що забезпечуються дисципліною ВК6 у відповідності до ОНП «Фізика»:

#### **Інтегральна компетентність:**

Здатність розв’язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

#### **Загальні компетентності:**

- ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК 4. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
- ЗК 5. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК 6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК 8. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК 9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 11. Здатність дотримуватися принципів академічної доброчесності.

- ФК 1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- ФК 2. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.
- ФК 3. Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та/або астрономії фахівцям і нефаківцям.

- ФК 4. Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та/або астрономії.
- ФК 5. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опанувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.
- ФК 8. 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 9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- ФК 13. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.
- ФК 14. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

1.3. Кількість кредитів: 5

1.4. Загальна кількість годин: 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
За вибором
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
2-й
Лекції
36 год.
Практичні, семінарські заняття
24 год.
Не передбачені навчальним планом
Лабораторні заняття
Не передбачені навчальним планом
Самостійна робота
90 год. (в тому числі 20 год. на виконання курсової роботи та 10 год. на підготовку до двох контрольних робіт)
Індивідуальні завдання
Курсова робота під час самостійної роботи – 20 год. з 90 год.

1.6. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

**знати:** наближені та точні методи дослідження стохастичних систем.

**вміти:** досліджувати дифузійні стохастичні процеси у нелінійних середовищах.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною ВК6 у відповідності до ОНП «Фізика»:

ПРН 1. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні 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 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

- ПРН 2. 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.
- ПРН 4. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.
- ПРН 5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.
- ПРН 6. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.
- ПРН 7. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.
- ПРН 9. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи спілкуючись із колегами.
- ПРН 10. Відшукувати 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 11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. ОСНОВНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ СТОХАСТИЧНОЇ ФІЗИКИ</b>						
Разом за розділом 1	60	12	8			30
<b>Розділ 2. СТОХАСТИЧНІ ПРОЦЕСИ</b>						
Разом за розділом 1	90	24	16			60
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>36</b>	<b>24</b>			<b>90</b>

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять  
Включені в теми лекцій.

#### 5. Завдання для самостійної роботи

Пояснення щодо того, що повинен зробити студент під час самостійної роботи.

1. По всім нижче вказаним темам опрацювати конспекти лекцій, прочитати відповідні параграфи в підручниках [1–8].
2. Виконати самостійно домашні завдання.
3. Самостійно написати та захистити курсову роботу.

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Самостійно прочитати про детерміновані та стохастичні диференціальні рівняння та методи їх розв'язання	8
2	Самостійно вивчити методи розв'язання рівняння Фоккера–Планка.	8
3	Провести узагальнювання рівняння Фоккера–Планка	8
4	Самостійно прочитати про історії виникнення рівняння Больцмана	8
5	Знайти в літературних джерелах приклади марківських процесів	8
6	Стохастичний процес Вінера – Леві	6
7	Стохастичний процес Орнштейна – Уленбека	9
8	Управляюче рівняння як рівняння балансу	6
9	Самостійно розглянути рівняння дифузії для координати частинки та рівняння дифузії у фазовому просторі	9
10	Виконання протягом семестру курсової роботи	20
	<b>Разом</b>	<b>90</b>

## 6. Індивідуальні завдання

Курсова робота.

## 7. Методи контролю

Поточне опитування, дві контрольні роботи за основними розділами, написання та захист курсової роботи, перевірка домашніх завдань, екзамен.

## 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен	Сума
Розділ 1	Розділ 2	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Курсова робота		
T1-T14	T15-T51	2 контрольні роботи		40	100
10	10	10+10	20		

Для зарахування розділів 1-2 треба набрати у підсумку не менше 5 балів за результатами поточного опитування, написати контрольну роботу по кожному з розділів та отримати за неї не менше 5 балів, а в підсумку – не менше 10 балів для зарахування усього розділу. Написати та захистити курсову роботу та отримати на неї не менше 10 балів. Для допуску до письмового екзамену треба набрати у підсумку не менше 30 балів. За екзаменаційну письмову роботу студент повинен набрати не менше 20 балів та загалом не менше 50 балів.

### Критерії оцінювання письмової екзаменаційної роботи

Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань. Кожне питання оцінюється в 20 балів. У відповіді на теоретичні питання студент повинен продемонструвати знання теорії навчальної дисципліни «Фізична кінетика» та її понятійно-категоріального апарату, термінології, понять і принципів предметної області дисципліни.

Максимальні бали виставляються в разі чіткої, логічної, послідовної відповіді на поставлене питання, з висновками основних формул, формулюванням фізичних законів. У процесі оцінювання теоретичних завдань екзаменаційного білету враховуються:

- повнота розкриття питання (4 бали);
- уміння чітко формулювати визначення фізичних понять, термінів та пояснювати їх (4 бали);
- здатність аргументувати отриману відповідь (4 бали);
- здатність робити аналітичні міркування, порівняння, формулювання висновків (4 бали);
- логічна послідовність викладення матеріалу у відповіді на завдання (4 бали).

Відповідь має бути обґрунтованою, з посиланням на відповідні фізичні закони та рівняння, з послідовними розрахунками всіх основних формул, доведеними до кінцевого результату з чіткою відповіддю на поставлене питання. За рішення задачі (практичного завдання) нараховуються такі бали:

1. Повна та послідовно обґрунтована відповідь отримує оцінку 20 балів у випадку, коли студент отримав правильну відповідь і продемонстрував метод і спосіб її отримання.
2. Оцінка 12-19 балів виставляється за відповідь, в якій є несуттєві похибки в логіці викладу,
3. Відповідь на питання отримує оцінку 7-11 балів, коли студент не отримав правильну відповідь або написав тільки кінцеву формулу без пояснень та виводу.
4. Відповідь на питання отримує оцінку 0-10 балів, коли студент не отримав правильну відповідь, причому метод і спосіб розв'язання завдання були не вірними.

Екзамен зданий, якщо сумарна оцінка за письмову екзаменаційну роботу не менше 20 балів, а сумарний підсумковий бал не менше 50 балів.

### 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. N.G. Van Kampen Stochastic Processes in Physics and Chemistry, Elsevier, 3rd Edition - March 21, 2007.
2. R. Balescu, Equilibrium and Nonequilibrium Statistical Mechanics, Wiley, New York–London, (1975).
3. Crispin Gardiner, Stochastic Methods. A Handbook for the Natural and Social Sciences, (Springer Series in Synergetics, 13) 4th ed. 2009 Edition.

### **Допоміжна література**

1. H. Risken. The Fokker-Planck Equation. Methods of Solution and Applications. Springer, 198 – 472 p.
2. W.T. Coffey, Yu.P. Kalmykov. The Langevin Equation. With Applications to Stochastic Problems in Physics, Chemistry and Electrical Engineering. 3rd Edition .World Scientific, 2012 -- 852p.
3. D.T. Gillespie. Markov Processes. An Introduction for Physical Scientists. Academic Press, Inc, 1992 –558p.
4. R. Mannella and P.V.E. McClintock. Ito Versus Stratonovich: 30 Years Later. Fluctuation and Noise Letters 11N1(2012) 1240010.

### **9. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

**<https://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-s096-topics-in-mathematics-with-applicationsin-finance-fall-2013/video-lectures/>**