МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА

Кафедра фізики та астрономії

“ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО

“_____” _____ 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 9.1. «ФІЗИЧНА КІНЕТИКА»

Рівень вищої освіти	**перший (бакалаврський)**
Галузь знань	**10 – Природничі науки**
Спеціальність	**104 - Фізика та астрономія**
Освітньо-професійна програма	**Фізика та астрономія**

ОНУ
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізична кінетика». – Одеса: ОНУ, 2022. – 8с

Розробник: Кулінський Володимир Леонідович, доктор фізико-математичних наук
професор кафедри фізики та астрономії

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ

Протокол № 1 від «5» вересня 2022 р.

Завідувач кафедри _____ Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія»_____Юрій НІЦУК.

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики т
інформаційних технологій

Протокол № 1 від «6» вересня 2022 р.

Голова НМК _____Наталя МАСЛЄЄВА

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № ___від «___» _____20___ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № ___від «___» _____20___ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)

1. **Опис навчальної дисципліни**

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 7 годин – 210 змістових модулів - 2	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: Другий (освітньо-професійний)	Вибіркова дисципліна
		Рік підготовки:
		4-й
		Семестр
		7,8-й
		Лекції
		60 год.
		Практичні, семінарські
		44 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		106 год.
		Форма підсумкового контролю: **залік**

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є: підготовка фахівців, які володіють основами *к*ількісного опису, моделювання та симуляції кінетичних явищ та нерівноважних процесів на основі підходів та базових математичних методів сучасної фізики, здатних розв'язувати базові задачі і практичні проблеми, пов'язані описом нерівноважних станів.

Завдання: сформувати розуміння, уміння та навички кількісного аналізу не лише природних, а також економічних явищ та процесів, з використанням математичних методів та моделей сучасної фізики, здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з різних галузей професійної діяльності, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, із застосуванням певних моделей і математичних методів фізики

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей.**

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

Загальні компетентності:

К03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Спеціальні (фахові) компетентності:

К22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

К24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

Заплановані результати навчання: по проходженні курсу студенти будуть/повинні

знати: початковий мінімум засобів і методів дослідження кінетичних процесів, побудови кінетичних рівнянь та обґрунтування феноменологічних макроскопічних нерівноважних закономірностей;

вміти: робити оцінки кінетичних коефіцієнтів та розуміти принципи їх обчислення.

що забезпечує **програмні результати навчання**

ПР01. 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 фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

3.Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Випадкові процеси та кінетичні рівняння

Тема 1 Функція та густина розподілу. Характеристична функція та її властивості

Тема 2 Випадкове блукання на гратках. Випадковий процес. Теорема Колмогорова.

Тема 3 Характеристичний функціонал процесса. Основні типи процесів.

Тема 4 Марковські процеси. Рівняння Чепмена-Колмогорова.

Тема 5 Теорема Дуба. Процес Орнштейна-Уленбека.

Тема 6 Кінетичне рівняння. Рівняння Фокера-Планка Рівняння Ланжевена. Зв'язок з рівнянням ФП. Співвідношення Айнштайна-Смолуховського. ФДТ

Змістовий модуль 2. Нерівноважні стани та стохастичний аналіз

Тема 7 Теорія лінійної реакції Кубо (класичний випадок). Співвідношення взаємності Онзагера.

Тема 8 Теорія лінійної реакції Кубо (квантовий випадок).

Тема 9 Функції Гріна та їх спектральний розклад. Теорема Келєна-Вельтона. ФДТ та правила сум.

Тема 10 Стохастичність динамічних систем (модель Фейгенбаума, стохастичне прискорення Улама-Фермі). Методи стохастичної оптимізації.

Тема 11 Стохастичні диференціальні рівняння та інтерпретації (Іто, Стратонович). Застосування стохастичних моделей у фінансах.

Тема 12 Основи континуального інтегрування. Міра Вінера.

4. Структура навчальної дисципліни

Теми	Кількість годин				
	Очна денна форма				
	Усього	у тому числі			
		Лекц.	Пр.	Лаб.	СР.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1.					
Тема 1		2	4		4
Тема 2		4	4		4
Тема 3		6	6		4
Тема 4		6	4		4
Тема 5		6	6		4
Тема 6		6	6		4
Змістовий модуль 2.					
Тема 7		4	2		4
Тема 8		4	2		4
Тема 9		4	2		4
Тема 10		6	2		4
Тема 11		6	2		4
Тема 12		6	4		4
Всього		**60**	**14**		**106**

5. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
М 1.1	Неперервні та дискретні розподілу. Моменти та кумулянти	2
М 1.2	Центральна гранична теорема	2
М 1.3	Закони випадкового блукання	4
М 1.4	Кінетичні рівняння для однокрокових процесів	4
М 1.5	Побудова рівняння Фоккера-Планка для фізичних систем	4
М 1.6	Зв’язок ФК і рівняння Ланжевена	4
М 2.1	ФДТ для рівняння Ланжевена	4
М 2.2	Еволюція середніх в теорії лінійної реакції Кубо	4
М 2.3	Моделі динамічного хаосу	4
М 2.4	Стохастичні похідні. Формули Іто та Стратоновича	4
М 2.5	Рівняння Black-Scholes	4
М 2.6	Континуальний інтеграл	4
Разом		**44**

6. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом

7. Завдання для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин
1	Неперервні та дискретні розподілу. Моменти та кумулянти	8
2	Центральна гранична теорема	8
3	Закони випадкового блукання	8
4	Кінетичні рівняння для однокрокових процесів	8
5	Побудова рівняння Фоккера-Планка для фізичних систем	8
6	Зв’язок ФК і рівняння Ланжевена	8
7	ФДТ для рівняння Ланжевена	8
8	Еволюція середніх в теорії лінійної реакції Кубо	8
9	Моделі динамічного хаосу	8
10	Стохастичні похідні. Формули Іто та Стратоновича	8
11	Розв'язок рівняння Black-Scholes	8
12	Обчислення континуального інтегралу	8
Разом		**106**

9. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються інтерактивні методи навчання, наочні методи навчання. Базовим методом навчання є поєднання лекції та практичних занять. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

10. Форми контролю та методи оцінювання

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти. Поточний контроль здійснюється за результатами виконання самостійних контрольних робіт студентів.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Критеріями оцінювання є: повнота виконання завдання, структура і якість відповідей та на додаткові запитання викладача.

Критерії оцінювання контрольних робіт

Критеріями оцінювання є правильність та повнота відповіді на тестові питання, обгрунтування правильних та виправлення помилок в результаті особистого захисту роботи. Кількість балів визначається за сумою правильних відповідей з урахуванням логічних зв'язків між завданнями при комп'ютерній обробці результатів тесту. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування, виконання самостійних та практичних робіт; розв’язання задач. Підсумковий семестровий контроль (іспит) проводиться у формі тесту.

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти згідно положення ОНУ ім І.І. Мечникова. Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

Сума балів за всі види навчальної діяльності		**Оцінка за національною шкалою**	
	Оцінка ЄКТС	для для екзамену, курсового проекту (роботу), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

11. Питання для поточного та підсумкового контролю.

1. Виведіть рівняння дифузії з дискретної моделі блукання на гратці
2. Оцініть залежність ймовірності неповернення до початку при випадковому блуканні у d-вимірному просторі від розмірності простора. Вказівка: розглянути блукання на кубічній гратці.
3. Дайте означення марковського процесу. Виведіть рівняння Чепмена-Колмогорова для густини розподілу ймовірності переходу.
4. Наведіть приклади процесів переносу у газах, рідинах, твердих тілах
5. Поясніть різницю між дифузію та термодифузією
6. Оцініть коефіцієнт дифузії для газів (напр. кисень чи азот) при нормальних умовах. Як залежить коефіцієнт дифузії від тиску?
7. Запишіть рівняння Ланжевена для частинки у середовищі з тепловим шумом. Отримайте вираз для коефіцієнта дифузії через автокореляційну функцію швидкості.
8. Відмінність механізмів дифузії у твердих тілах, рідинах та газах.
9. Сформулюйте принцип взаємності Онзагера для кінетичних коефіцієнтів
10. Електрокінетичні явища та їх взаємозв'язок
11. Вивести формулу Гріна-Кубо для класичного випадка.
12. Сформулюйте теорему Келлєна-Велтона.
13. Сформулюйте ФДТ для частотних сприйнятливостей.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Змістовний модуль 1

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Сума балів
Змістовий модуль 1 Поточний контроль на лекціях	Модульна контрольна робота, передбачена навчальним планом	Самостійна робота	Разом	
T1-T6				
1	40	40	100	100

Змістовний модуль 2

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Підсумковий контроль (іспит)	Сума балів
Змістовий модуль 1 Поточний контроль на лекціях	Модульна контрольна робота, передбачена навчальним планом	Самостійна робота	Разом		
T1-T12					
1	30	30	70	30	100

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; G-class; презентації; відео-лекції; методичні вказівки до практичних занять.

14. Рекомендована література

Основна

1. N.G. Van Kampen, Stochastic Processes in Physics and Chemistry , NH 2007 (https://www.sciencedirect.com/book/9780444529657/stochastic-processes-in-physics-and-chemistry)
2. C. Gardiner, Stochastic Methods. A Handbook for the Natural and Social Sciences, Springer 2009 https://d-nb.info/948236752/04
3. S. De Groot and P. Mazur, Nonequilibrium thermodynamics, Dover 2011 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-9330-2_1
4. H. Bikkin, I. I. Lyapilin, Non-equilibrium Thermodynamics and Physical Kinetics, De Gruyter 2021 https://www.researchgate.net/publication/264910158_Non-equilibrium_thermodynamics_and_physical_kinetics
5. Landau L.D., Lifshiz E.M. Physical Kinetics, Pergamon Press, 1981, https://archive.org/details/10PhysicalKineticsLandauLifshitz

Додаткова

1. Скороход А. В. Лекції з теорії випадкових процесів. — К.: Либідь, 1990.
2. Методичні матеріали G-class https://classroom.google.com/c/NTQ1OTY3MjE0MjMw?cjc=3fjho2x

15. Електронні інформаційні ресурси

1.http://theorphys.onu.edu.ua/uk/textbooks
2. phys.onu.edu.ua
3. lib.onu.edu.ua