

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО

“ *Вересень* ” _____ 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 8 «Теорія випадкових процесів»

Рівень вищої освіти	другий (освітньо-професійний)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	104 – Фізика та астрономія
Освітньо-професійна програма	Фізика та астрономія

ОНУ
Одеса
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія випадкових процесів». – Одеса: ОНУ, 2022. – 14с.

Розробник: Базей Олександр Анатолійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент 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»  Вадим АДАМЯН

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та 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 – 3 годин – 90 змістовних модулів - 1	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Другий (освітньо-професійний)</u>	Обов'язкова дисципліна
		Рік підготовки:
		1-й
		Семестр
		2-й
		Лекції
		20 год.
		Практичні, семінарські
		10 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		60 год.
		Форма підсумкового контролю: залік

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни розвиток ймовірнісного мислення та формування відповідного рівня підготовки, необхідного для розуміння основ теорії випадкових процесів та її застосування до моделювання реальних процесів, розширення свої уявлень про випадкові процеси, які студенти отримали раніше в курсі теорії ймовірностей, формування уявлення про роль та місце ймовірності в нашому оточенні та в інтерпретації результатів вирішення завдань у галузі фізики та астрономії.

Завдання:

- сформувати у здобувачів основи розуміння математичного апарату, що використовується при дослідженні випадкових процесів;
- виробити вміння будувати математичні моделі, що містять суворе (формальне) визначення випадкового процесу, а також дослідження загальних властивостей цих моделей;
- виробити вміння класифікувати випадкові процеси, шукати для різних класів випадкових процесів аналітичного апарату, що дає можливість обчислювати ймовірнісні характеристики випадкових процесів.

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:

К02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

К04. Здатність бути критичним і самокритичним.

К05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні (фахові) компетентності:

К17. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

К18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

К20. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.

К24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

К26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати:

- основні поняття та визначення теорії випадкових процесів,
- основні класи випадкових процесів та їх характеристики,
- основні принципи побудови математичних моделей стохастичних явищ у динаміці у вигляді випадкових процесів.

Вміти:

- розв'язувати типові задачі та формулювати прикладні задачі в термінах теорії випадкових процесів,
- будувати математичні моделі випадкових явищ у динаміці їх розвитку у вигляді випадкових процесів,
- розраховувати характеристики випадкових процесів,
- застосовувати методи теорії випадкових процесів для вирішення професійних завдань,
- інтерпретувати результати, отримані методами теорії випадкових процесів.

Що забезпечують наступні **програмні результати навчання:**

ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПР04. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.

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.

ПР12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.

ПР22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.

3.Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1.

ВИПАДКОВІ ПРОЦЕСИ.

Тема 1. Вступ. Визначення випадкових процесів. Січна випадкового процесу, випадковий вектор. Реалізація випадкового процесу. Елементарна класифікація випадкових процесів за часом і за станом, приклади.

Тема 2. Закони розподілу випадкових процесів. Одновимірні, двовимірні та n-вимірні функції розподілу випадкового процесу. Умови узгодженості. Функція розподілу. Приклади.

Тема 3. Основні характеристики випадкових процесів. Математичне очікування, його властивості. Дисперсія випадкового процесу, її властивості. Середньоквадратичне відхилення. Центрований випадковий процес, його властивості. Функція кореляції, її властивості, сумісна кореляція, коваріація. Нормована коваріація, коефіцієнт кореляції.

Тема 4. Стаціонарні випадкові процеси. Ергодичні процеси. Визначення стаціонарності у вузькому та у широкому сенсі. Властивості коваріаційної функції стаціонарного випадкового процесу. Стаціонарно пов'язані випадкові процеси. Ергодичні випадкові процеси. Приклади.

Тема 5. Лінійні перетворення випадкових процесів. Вхідний та вихідний випадкові процеси. Лінійне однорідне перетворення. Теорема про перетворення. Метод канонічних розкладів випадкових процесів. Лінійні перетворення стаціонарних випадкових процесів.

Тема 6. Спектральна густина. Спектральний розклад стаціонарного випадкового процесу. Координатні функції. Спектр. Формули Вінера-Хінчина. Властивості спектральної густини.

Тема 7. Сходимість, неперервність, диференційованість та інтегрованість випадкових процесів. Стохастичний аналіз. Сходимість. Неперервність. Диференційованість та інтегрованість випадкового процесу.

Тема 8. Основні класи випадкових процесів. Гаусові випадкові процеси. Процеси з ортогональними і незалежними збільшеннями. Вінерівський процес, його корисні властивості. Пуассонівський процес.

4. Структура навчальної дисципліни «Теорія випадкових процесів»

Назва тем	Кількість годин				
	Очна (денна) форма				
	Усього	у тому числі			
		Лек.	Пр.	Лаб.	СР
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1. Випадкові процеси.					
Тема 1. Вступ. Визначення випадкових процесів.	6	2			6
Тема 2. Закони розподілу випадкових процесів.	6	2	2		8
Тема 3. Основні характеристики випадкових процесів.	10	2	2	2	8
Тема 4. Стаціонарні випадкові процеси. Ергодичні процеси.	8	4	2	2	10
Тема 5. Лінійні перетворення випадкових процесів.		4	2		10
Тема 6. Спектральна густина.		2	2		6
Тема 7. Сходимість, неперервність, диференційованість та інтегрованість випадкових процесів.		2			6
Тема 8. Основні класи випадкових процесів.		2			6

Усього годин	90	20	10		60
--------------	----	----	----	--	----

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Приклади випадкових процесів. Побудова реалізацій. Загальні принципи класифікації.	2
2.	Аналіз часових рядів. Критерії випадковості. Закони розподілу випадкового процесу.	2
3.	Ймовірнісні характеристики випадкового процесу. Кореляція та коваріація. Автокореляція.	2
4.	Векторні та комплексні випадкові процеси.	2
5.	Дослідження експериментальних даних методами теорії випадкових процесів.	2
	Разом	10

7. Теми лабораторних робіт

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом.

8. Самостійна робота

№	Питання для підготовки	Кількість годин
1.	Розрахунок основних характеристик випадкового процесу. Скінченновимірні розподіли випадкового процесу.	6
2.	Моментні характеристики випадкового процесу.	6
3.	Взаємна кореляційна функція двох випадкових	6

	процесів.	
4.	Основні класи випадкових процесів. Гаусівські випадкові процеси.	6
5.	Процес Пуассона. Вінерівський процес.	6
6.	Процеси з незалежними приростами. Дифузійні процеси.	6
7.	Характеристична функція випадкового процесу.	6
8.	Ймовірнісні характеристики ланцюгів Маркова.	6
9.	Ергодичні ланцюги Маркова.	6
10.	Диференційованість та інтегрованість ВП в середньому квадратичному.	6
	Разом	60

9. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни використовують такі форми роботи – лекція, практична робота, самостійна робота.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція – відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, евристичний метод.

Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання репродуктивний, метод проблемного викладу, при обговоренні розв’язку практичної роботи використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод.

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється шляхом фронтального контролю знань. Індивідуальний контроль застосовується для ґрунтовного ознайомлення викладача із рівнем навчальних досягнень окремих студентів.

Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, письмова перевірка практичних задач, усна перевірка робіт.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Оцінювання виконання самостійної роботи студентів за кожною темою навчальної дисципліни здійснюється за 2-бальною шкалою. Об'єктом поточного контролю самостійної роботи є:

Конспектування окремих питань теми (максимальна оцінка – 1 бал).

Критерії оцінювання:

Наявність конспекту теоретичного матеріалу – 1 бал.

Повнота представленого матеріалу, якість відповідей на запитання викладача та однокурсників – 1 бал.

Критерії оцінювання виконання практичних робіт

Студент повинен виконати всі практичні роботи.

Студент правильно розв'язав практичне завдання (задачу), вміє пояснити методику розв'язання та зміст застосовуваного понятійного апарату і формул, вміє аргументувати свої думки – 9-10 балів.

Студент показує знання методики розв'язання практичного завдання (задачі) та змісту застосовуваного понятійного апарату і формул. Проте допущені окремі незначні помилки у розв'язанні – 7-8 балів.

Студент показує знання методики розв'язання практичного завдання (задачі) та змісту застосовуваного понятійного апарату і формул. Проте допущені помилки у розв'язанні не дають можливості зробити правильні висновки – 5-6 балів.

Студент частково розв'язав практичне завдання (задачу), але не зміг аргументувати свою відповідь, помилився у використанні понятійного апарату та методики розв'язання задачі – 1-4 бали.

11. Питання для підготовки для поточного та періодичного контролю.

1. Що називається реалізацією випадкової функції?
2. За яких умов можна вважати випадкову функцію заданою?
3. Від чого залежать ймовірнісні характеристики марковського процесу?
4. За якими ознаками класифікують випадкові процеси?
5. У чому полягає характерна риса часових рядів?
6. Наведіть приклади часових рядів, які можна спостерігати майже нескінченно.
7. Що називається дисперсією випадкового процесу?
8. Як обчислюється математичне очікування випадкового процесу?
9. Що називається кореляційною функцією випадкового процесу?
10. Розкрийте значення коефіцієнта кореляції.
11. У якому разі випадкові процеси є некорельованими?
12. Чому дорівнює кореляційна функція суми випадкових процесів, якщо вони некорельовані?
13. Що необхідно, щоб випадковий процес $\xi(t)$ був безперервним у точці?
14. Що впливає з безперервності випадкового процесу?
15. Сформулюйте необхідну умову диференціювання випадкового процесу.
16. Сформулюйте достатню умову диференціювання випадкового процесу.
17. Що називається канонічним розкладанням дійсної випадкової функції?
18. За яких умов випадковий процес називається стаціонарним?
19. Від чого залежить одномірний закон розподілу?
20. Від чого залежить двомірний закон розподілу?
21. Що таке періодичний стаціонарний довільний процес?

22. Що зображує спектральне представлення?
23. Чому дорівнює дисперсія стаціонарного випадкового процесу?
24. Що таке білий шум?
25. Що називають випадковим процесом із дискретним спектром?
26. Як пов'язані кореляційна функція та спектральна густина?
27. Який процес називається ергодичним?
28. Якщо нормальний випадковий процес стаціонарний в широкому сенсі, тоді з якої умови випливає, що він ергодичний як за математичним очікуванням, так і за кореляційною функцією?
29. Що таке траєкторія випадкового процесу?
30. Наведіть кілька прикладів марківських процесів.
31. Що називають вибірковою значенням випадкового процесу?
32. Назвіть основні властивості стаціонарності випадкового процесу.
33. Що називають стаціонарністю в широкому сенсі?

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний контроль, самостійна робота					Сума балів		
Змістовний модуль 1 Поточний контроль на лекціях				Контрольна робота	Виконання практичних робіт	Разом	
T1	T2	T3	T4	24	60	100	100
2	2	2	2				
T5	T6	T7	T8				
2	2	2	2				

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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		

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; збірники задач: <http://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny>, <http://phys.onu.edu.ua>, <http://lib.onu.edu.ua>

14. Рекомендована література

Основна

1. Мішура Ю. С., Ральченко К.В., Шевченко Г.М. Випадкові процеси: теорія, статистика, застосування : підручник. 2-ге вид., Київ : ВПЦ "Київський університет", 2021. – 496 с.
2. Гармаш О.В. Теорія випадкових процесів: Задачі для самостійної роботи [Електронний ресурс], Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 44 с.
3. Погоруй А.О., Чемерис О.А. Вступ до теорії випадкових процесів : навчальний посібник, Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2020. – 70 с.
4. Несвіт М.І., Поклонський Є.В. Випадкові процеси : навчально-методичний посібник. – Харків : ХНУБА, 2013. – 51 с.

Додаткова

1. Новицький І.В., Ус С.А. Випадкові процеси: навчальний посібник. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2011. – 125 с.
2. Сорока Л.І., Кальчук І.В. Випадкові процеси: методичні рекомендації. Луцьк : Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, 2013. – 56 с.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://dspace.onu.edu.ua>
2. <http://phys.onu.edu.ua>
3. <http://www.mathworks.com>
4. <http://www.rstudio.com>