Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра математичної фізики та диференціальних рівнянь

Детермінований хаос

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*11 Математика та статистика*
Спеціальність	*111 Математика*
Освітня програма	*Страхова та фінансова математика*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*4 курс, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*120 годин (30 годин – лекції, 30 годин – практичні, 60 годин – СРС)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік\МКР, РГР
Розклад занять	*roz.kpi.ua*
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Швець Олександр Юрійович, професор кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, доктор фіз.-мат. наук aleksandrshvetskpi@gmail.com chaos.kpi.ua Практичні: Швець Олександр Юрійович, професор кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, доктор фіз.-мат. наук aleksandrshvetskpi@gmail.com chaos.kpi.ua
Розміщення курсу	chaos.kpi.ua, інформаційні ресурси в бібліотеці

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів інтегральної компетентності — здатності до логічного мислення, формування особистості студентів; розвиток їх інтелекту і здібностей; здатності вирішувати складні спеціалізовані задачі в галузі математики, механіки, фізики, економіки тощо

Програмні компетентності:

Загальні компетентності (ЗК)
З К 1 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
З К 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

З К 3 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
З К 4 Здатність приймати обґрунтовані рішення.
З К 5 Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня.
З К 6 Здатність працювати автономно.

Програмні результати навчання

ПР01 Застосовувати теорію детермінованого хаосу в динамічних системах для розв'язання складних теоретичних і практичних проблем математики, фізики й природничих наук, інформатики, економіки тощо.
ПР05 Застосовувати ефективні форми професійної та міжособистісної комунікації вколективі для виконання завдань у професійній діяльності.

ПР06 Вільно спілкуватися з професійних питань державною та іноземною мовою.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Викладається в десятому семестрі на базі математичного аналізу, диференціальних рівнянь, та динамічних систем.

Зміст навчальної дисципліни

1. *Основні поняття та означення.*
2. *Сучасні методи дослідження детермінованого хаосу.*
3. *Детермінований хаос у динамічних системах з неперервним часом*

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. *Швець О.Ю. Динамічні системи, [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності - Електронні текстові дані (1 файл: 36,3 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 345 с. (доступ https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42838)*
2. *Краснопольская Т.С., Швец А.Ю. Регулярная и хаотическая динамика систем с ограниченным возбуждением, М-Иж: РХД, 2008. - 280 с.*
3. *Кузнецов С.П. Динамический хаос, М. : Физматлит, 2006. – 320 с.*
4. *"Handbook of Applications of Chaos Theory" Edited By C.H. Skiadas and Char. Skiadas, Chapman and Hall/CRC, 952 p., 2016.*
5. *Deterministic Chaos [Електронний ресурс]. – Київ: НТУУ КПІ, 2009 – 2021. – Режим доступу: http://chaos.kpi.ua.*

Додаткова література

6. *Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах, Наука, 1990 – 311 с.*
7. *Магницкий Н.А., Сидоров С.В. Новые методы хаотической динамики, Едиториал УРСС, 2010. - 320 с.*
8. *Anishchenko V.S.,Vadivasova T.E., Lectures on Nonlinear Dynamics, Research Center Regular and Chaotic Dynamics, 516 p., 2011.*

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції з навчальної дисципліни та деякі практичні заняття проводяться з використанням сучасних інформаційних технологій та технічних засобів (ноутбук з відповідним пакетом оригінального програмного забезпечення, комп'ютерний проектор, тощо). При проведенні лекційних та практичних занять у очній формі повинен бути забезпечений вільний доступ до мережі Internet. При дистанційній формі навчання використовуються платформи Zoom та Webex.

Перелік лекцій

Лекції 1. **Динамічні системи і хаос.**

Поняття регулярного та дивного атракторів. Інваріанині тори та резонансні цикли на торах. Атрактори рівняння Балтазара ван дер Поля.

Лекції 2-3. **Детермінований хаос у дискретних відображеннях.**

Відображення „зуб пили”, логістичне відображення. Заміна Улама - фон Неймана. Кодування траєкторії логістичного відображення послідовностями двох символів. Відображення тент. Теорема Лі-Йорка. Звичайне та узагальнене відображення пекаря.

Лекція 4. **Система Лоренца.**

Аналітичне дослідження положень рівноваги системи Лоренца. “Метелик Лоренца” перший, реально побудований, хаотичний аттрактор системи диференціальних рівнянь. Особливості «класичного метелика» Лоренца.

Лекці 5-6. **Спектр ляпуновських характеристичних показників (ЛХП).**

Стійкість за Лагранжем, Пуассоном та Ляпуновим. Повернення Пуанкаре. Ляпуновський характеристичний показник. Спектр ЛХП атрактора. Властивості спектра ЛХП дисипативної неперервної динамічної системи. Сигнатура спектра ЛХП. Поняття про гіперхаотичні атрактори. Знаходження ляпуновських характеристичних показників за допомогою узагальненого алгоритму Бенеттіна та інших. Означення та знаходження спектра ЛХП дискретних відображень.

Лекції 7. **Переріз і відображення Пуанкаре.**

Поняття про переріз та відображення Пуанкаре траєкторії динамічної системи. Метод Мішеля Ено. Ідентифкація типу атрактора за перерізом Пуанкаре.

Лекція 8. **Фур’є-спектри регулярних та дивних атракторів.**

Спектральні характеристики періодичних, майже періодичних та неперіодичних функцій. Побудова Фур’є-спектрів атракторів

Лекції 9-10. **Фрактальна розмірність й інваріантна міра.**

Означення та приклади фракталів. Топологічна розмірність множини. Фрактальна ємність. Формула Каплана-Йорка. Ергодичність та перемішування. Інваріантна міра атрактора. Побудова розподілу інваріантної міри по фазовому портрету атрактора.

Лекції 11-13. **Сценарії переходу до хаосу.**

Загальне обговорення сценаріїв переходу до хаосу. Трикутник стійкості. Сценарій Фейгенбаума на прикладі логістичного відображення. Поняття про фазопараметричну характеристику (біфуркаційне дерево) динамічної системи. Константи Фейгенбаума та їх глобальна універсальність . Взаємодія атракторів. Переміжність. Ламінарна та турбулентна фаза переміжності. Типи переміжності за Помо-Манневіллем. Перехід до хаосу через руйнування інваріантного тора. Поняття про нові сценарії переходів до хаосу.

Лекцяї 14. **Хаос у системі Лоренца.**

Симетрія атрактрорів системи Лоренца. Сценарії переходу до хаосу в системі Лоренца. “Некласичні” хаотичні атрактори системи Лоренца.

Лекція 15. **Хаос у системі Ресслера.**

Аналітичні дослідження стійкості регулярних атракторів системи Ресслера. Сценарії переходу до хаосу в системі Ресслера. Ідентифікація сценарію переходу до хаосу за розподілом інваріантної міри. Універсальність хаотичного атрактора Ресслера.

Перелік (орієнтовно) практичних занять

Практичні заняття 1-2. **Сучасні інформаційні технології наукових досліджень.**
Практичні заняття 3. **Система Балтазара ван дер Поля.**
Практичні заняття 4-5. **Детермінований хаос у дискретних відображеннях.**
Практичне заняття 6. **Відображення пекаря.**
Практичні заняття 7. **Аналітичні обчислення спектрів ЛХП регулярних атракторів.**
Практичні заняття 8-9. **Обчислення фрактальної ємності та ляпуновської розмірності граничних множин динамічних систем.**
Практиче заняття 10. **МКР-1**.
Практичне заняття 11. **Захист ДКР**.
Практичні заняття 12-13. **Система Лоренца**
Практичні заняття 14-15. **Система Ресслера.**

4.2. Технічне забезпечення: Повинен бути гаджет (ноутбук, планшет, смартфон) у кожного здобувача вищої освіти.

6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи – опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до аудиторних занять, розв'язок задач, виконання ДКР.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дотримання положень «Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського» (розділи 2 та 3)
Співпраця студентів у розв'язанні проблемних завдань дозволена, але відповіді кожний студент захищає самостійно. Взаємодія студентів під час іспиту категорично забороняється і будь-яка така діяльність буде вважатися порушенням академічної доброчесності згідно принципів університету щодо академічної доброчесності.

5. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль*:* експрес-опитування, опитування за темою заняття, написання МКР, захист ДКР.
Календарний контроль*:* провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
Семестровий контроль: екзамен.
Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено
професором кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, доктором фіз.-мат. наук Швецем Олександром Юрійовичем
Ухвалено кафедрою математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ (протокол № 9 від 25.06.2025 р.)

Погоджено Методичною радою ФМФ (протокол № 10 від 27.06.2025 р.)