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

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"27" вересня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 5.01 Синергетика
(назва навчальної дисципліни)

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 «Синергетика». – Одеса: ОНУ, 2022. – 10 с.

Розробники:
Шевчук Володимир Гаврилович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики та астрономії
Черненко Олександр Сергійович, 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» _____ 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 змістових модулів – 2	Галузь знань 10-природничі науки (шифр і назва) Спеціальність 104- фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Другий (освітньо-професійний)</u>	Вибіркова 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

Мета навчальної дисципліни є створення у студентів стійких уявлень про природу як самоорганізуючу систему її рушійні сили, загальні закономірності еволюційного процесу в динамічних системах різноманітної природи: фізичних, хімічних, біологічних, економічних, екологічних, соціальних, інформаційних.

Завдання дисципліни:

-є розуміння природи як ієрархії потенціальних і дисипативних систем; ролі взаємодії в особливостях і структурній стійкості систем; фізичних закономірностей еволюції.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:
Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальні компетентності: https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/edu-programm/fmfit/OPP_104_fizyka_astronomy_magistr_2022.pdf
ЗК 01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК 02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК 03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
ЗК 06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Спеціальні (фахові) компетентності:
СК 01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.
СК 02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.
СК 05. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати 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.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен ***знати*:**
- типи і особливості консервативних систем, що лежать в основі будови матерії;
- типи і особливості дисипативних систем і принципи їх самоорганізації;
- особливості нелінійних підходів у сучасній фізиці.

вміти:
- аналізувати наявні позитивні і негативні зворотні зв'язки в еволюційних задачах;
- користуватися аналогіями при аналізі складних систем, виходячи з рішень більш простих фізичних і хімічних задач;
- ставити і розв'язувати прості балансні задачі;
- будувати фазові портрети лінійних і нелінійних динамічних систем;
- визначати тип стійкості динамічних систем і якісно розв'язувати системи динамічних диференційних рівнянь.

Що забезпечують наступні **програмні результати навчання:**

РН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.
РН04. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.
РН08. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напряму фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємо-корисно спілкуючись із колегами.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Базові моделі синергетики. Дисипативні системи.

Тема 1. Вступ. Основи поняття синергетики. Визначення. Предмет і методи. Структура курсу і приклади. Скорочена анотація всього курсу. Постулати у фізиці. Приклади аксіоматичної побудови механіки і молекулярної фізики. Відкриті та закриті системи. Зміна ентропії в таких системах. Самоорганізуюча система і її ентропія. Системи з локальним і потоковим зв'язком між елементами середовища. Визначення и приклади взаємодії. Класифікація систем.

Тема 2. Стійкість стаціонарних рішень систем диференційних рівнянь. Підхід Ляпунова. Класифікація особливих точок Пуанкаре: сідло, вузо, фокус, центр. Фазовий простір. Фазовий портрет. Методи побудови фазових портретів. Сепаратриси. Граничні циклі. Якісний аналіз систем диференційних рівнянь. Лінійні і нелінійні рівняння. Побудова їх фазових портретів.

Тема 3. Математична теорія катастроф. Приклади катастроф. Сім елементарних катастроф. Аналіз катастроф складки, зборки, ластівчин хвіст. Їх фазові портреті.

Тема 4. Дифузійна кінетика. Рівняння в часткових похідних. Тепло – і масопередача. Закони Фур'є і Фіка. Рівняння дифузії і теплопровідністі з нелінійними джерелами як математична база синергетики.

Хімічна кінетика. Швидкість хімічних реакцій. Закон діючих мас. Закон Арреніуса. Автокаталітичні реакції. Ланцюгові реакції.

Тема 5. Дисипативні системи. Визначення дисипативних систем, їх приклади в природі, фізиці, біології, екології. Комірки Бенара – гідродинамічні дисипативні структури. Активні середовища лазерів як дисипативні системи. Спонтанне і вимушене випромінювання. Природа лазерного випромінювання. Типи лазерів.

Змістовий модуль 2. Активні системи.

Тема 6. Класифікація активних систем. Визначення активних систем. Класифікація режимів на основі співвідношення характерних режимів дифузії і реакції. Приклади в різних розділах науки. Постановка задачі про тепловий вибух. Симетрична постановка (плоский прошарок, циліндр, сфера). Типи граничних умов: граничні умови I, II, III і IV роду .

Безрозмірна форма рівнянь теплового вибуху. Перехід до безрозмірних змінних. Фізичний зміст безрозмірних параметрів. Універсальність рішень.

Тема 7. Нестаціонарний тепловий вибух. Постановка задачі. Ознаки спалахування: Семенова, Тодеса, аналіз стійкості, фазові діаграми. Критичні умови теплового вибуху.

Спікання порошків, розчинення. Ядерний вибух, термоядерні реакції. Фізика клімату. Зв'язок процесів на Сонці і на Землі.

Тема 8. Режими з загостренням. Прояв нелінійності джерела і коефіцієнта теплопровідності. Зв'язок режимів реагування і нелінійних джерел.

Тема 9. Математичні моделі автохвиль. Класифікація автохвиль (бігучий фронт, бігучий імпульс, то що). Швидкість автохвиль (розмірне співвідношення) . Хвилі горіння. Детонація. Вибухові речовини і їх класифікація.

Тема 10. Автохвилі в природі. Розповсюдження імпульсів збудження в нервових волокнах. Хвилі горіння з відновленням. Фазові діаграми бігучих імпульсів. Реакції типу Білоусова – Жаботинського. Моделі типу орегонатор і брюселятор. Автохвилі в живій природі. Робота серця і мозку. Штучний інтелект. Електронно-теплові хвилі у напівпровідниках.

Ланцюгово-ділильна хвиль в ядерному середовищі. Ядерні реактори четвертого покоління.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	Всього	у тому числі			
		Лек	пр	лаб.	ср
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1. Базові моделі синергетики. Дисипативні системи.					
Тема 1. Вступ. Основи поняття синергетики.	10	2	2		6
Тема 2. Стійкість стаціонарних рішень систем диференційних рівнянь	10	2	2		6
Тема 3. Математична теорія катастроф.	10	2	2		6
Тема 4. Дифузійна кінетика.	8	2			6
Тема 5. Дисипативні системи.	8	2			6
Змістовний модуль 2. Активні системи..					
Тема 6. Класифікація активних систем.	10	2			6
Тема 7. Нестаціонарний тепловий вибух.	10	2	2		6
Тема 8. Режими з загостренням.	8	2			6
Тема 9. Математичні моделі автохвиль.	8	2			6
Тема 10. Автохвилі в природі.	10	2	2		6
Усього годин	90	20		10	60

4. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

5. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Практичні заняття по темі часткові похідні, розрахунок часткових і повних похідних. Вивід і аналіз одномірних рівнянь дифузії і теплопровідності з джерелами маси та тепла.	2
2	Визначення особливих точок систем диференційних рівнянь. Побудова фазових портретів систем лінійних рівнянь. Побудова фазових портретів нелінійних рівнянь. Визначення стійких і нестійких граничних циклів. Лінеаризація рівнянь.	2
3	Тепловий вибух. Розрахунок конкретних задач: критичні умови спалахування поодиноких часток і концентрації окислювача і критичні умови спалахування металевих провідників у вигляді залежності критичної напруги від діаметра і довжини провідника; критичні умови спалахування в радіаційному потоці у вигляді залежності, критичної густини випромінювання від розміру часток.	2
4	Розрахунок динамічних задач на прикладі локального зростання популяцій. Аналіз фазових портретів на прикладі популяцій типу Оллі, популяцій з одною стійкою рівновагою, закон бойових дій	2
5	Задачі розрахункової фізики, що включають розробку, відладку і проведення чисельного експерименту в області двохмірних квазирегулярних структур.	2
	Разом	**10**

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу.	20
2	Підготовка до практичних занять	40
	Разом	**60**

9. Методи навчання

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

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, інформаційно-рецептивний;

репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою).

10. Форми контролю та методи оцінювання

Перелік тем на самостійну роботу є розширеним матеріалом, який виноситься на лекційні заняття. Поточний контроль здійснюється за результатами виконання 2 контрольних робіт за змістовними модулями (по 30 балів кожна): письмова відповідь на два питання. А також написання комплексної роботи по розв'язку 4 задач (загальна кількість балів 40).

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче (п.12).

Підсумковий контроль - залік.

11. Питання для підсумкового контролю

Класифікація систем у фізиці і їх приклади.

Класифікація консервативних систем, виходячи із питомої енергії зв'язку між елементами.

Класифікація і типи дисипативних систем.

Фізика еволюції.

Рівняння дифузії і теплопровідності як вираз законів збереження мас і енергії.

Швидкість хімічної реакції. Закон діючих мас. Закон Арреніуса.

Активні системи, визначення, класифікація, виходячи із не лінійності термокінетичного типу.

Постановка задачі про тепловий вибух. Типи граничних умов.

Безрозмірна форма рівнянь теплового вибуху.

Нестаціонарна теорія теплового вибуху.

Ядерний вибух. Термоядерні реакції.

Режими із загостреннями. Базові математичні моделі авто хвиль.

Хвилі горіння і детонація.

Вибухові речовини і їх класифікація.

Розповсюдження імпульсів збудження в нервових волокнах.

Ланцюгова ділильна хвиля в ядерному середовищі.

Фізика клімату.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота						Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			100
Т1-Т3	Т4-Т5	Контрольна робота по задачам	Т6-8	Т9-10	Контрольна робота по задачам	
15	15	20	15	15	20	

Т1, Т2 ... Т10 – теми змістових модулів.

Сума балів за всі види навчальної дисципліни	**Оцінка ECTS**	**Оцінка за національною шкалою**
90 – 100	A	Відмінно
85 - 89	B	Добре
75 - 84	C	
70 - 74	D	Задовільно
60 - 69	E	
35 – 59	FX	Незадовільно
0 – 34	F	

13. Методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; презентації.

14. Рекомендована література

Основна

1. Фізичні основи пожежовибухонебезпеки : навч. посіб. для вузів / В. Г. Шевчук, Д. Д. Поліщук. — Одеса : Астропринт, 2010. — 243 с.
2. Прикладна теплофізика і газодинаміка горіння дисперсних систем: навчальний посібник / В. Г. Шевчук, В. В. Калінчак, О. С. Черненко, С. Г. Орловська – Одеса: Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2020. – 228 с. http://dspace.onu.edu.ua:8080/handle/123456789/30000 https://drive.google.com/file/d/1vcbuUZMaf1cpVcsgCmowlyBXTJeaBRkk/view?usp=share_link
3. Анісімов І.О. Синергетика, навч. посіб. Київ: КНУ ім. Т. Г. Шевченко, 2006, 133 с. http://phys-el.univ.kiev.ua/resources/Synergetics.pdf
4. Hacken H. Advanced synergetics: Instability Hierarchies of self-organization and devices/ New York: Springer-Verlag, 1983, 325 p. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-45553-7
5. Бутко М.П., Бутко І.М. Системний підхід і моделювання в наукових дослідженнях. Київ, Центр учбової літератури, 2014, 360 с.
6. Джим Аль Халілі. Світ очима фізика. Київ, Фабула, 2022, 250 с.
7. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища. Київ, либідь, 2002. https://www.studmed.ru/kovalchuk-p-

modelyuvannya-prognozuvannya-stanu-navkolishnogo-seredovischa_688309ea478.html

Додаткова

8. Білоус В. С. Синергетика і самоорганізація в економічній діяльності: навч. посібник / Василь Стефанович Білоус. – К.: КНЕУ, 2007. – 371 с
9. Евелінг В., Енгель А., Фостем Р. Фізика процесів еволюції, УРСЕ, 2001. 326 с.
10. Tim Poston, Yan Steward. Catastrophe theory and Application, London, pitman, 1978, 408 p. DOI: 10.1088/0031-9112/29/11/032
11. Robert Gilmor, Catastrophe theory for scientists and engineers, New York, 1981, 350 p. https://books.google.com.ua/books?id=HbuecPcWxJUC&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
12. G. Haken Synergetics, 1980, 480 p. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-88338-5

15. Електронні ресурси

1. http://phys.onu.edu.ua,
2. http://lib.onu.edu.ua