

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

фізичний факультет  
(назва факультету, інституту)

Кафедра

квантової теорії поля

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

О.В. Момот  
«11» вересня 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НЕЛІНІЙНА ФІЗИКА ТА СИНЕРГЕТИКА

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
(шифр і назва)  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
(шифр і назва спеціальності)  
освітній рівень магістр  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
освітні програми квантова теорія поля, фізика високих енергій, ядерна енергетика  
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	1
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: Якименко Олександр Ілліч

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. ( ) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. ( ) «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

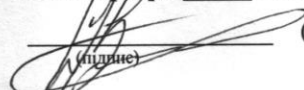
КИЇВ – 2021

Розробники:

Якименко Олександр Ілліч, доктор фізико-математичних наук, доцент кафедри  
квантової теорії поля

ЗАТВЕРДЖЕНО

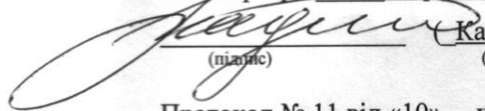
Зав. кафедри \_\_\_\_\_ квантової теорії поля \_\_\_\_\_

 (Вільчинський С.Й.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 15 від «17» червня 2021 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ ядерної фізики \_\_\_\_\_

 (Каденко І.М.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 11 від «10» червня 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «\_22\_» червня 2021 року № 4

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (Оліх О.Я.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

**1. Мета дисципліни** – оволодіння сучасними методами нелінійної теоретичної фізики, ознайомлення з основними поняттями синергетики, як міждисциплінарної науки.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):**

1. ***Знати** основні принципи статистичної фізики, термодинаміки, класичної механіки та фізичної кінетики.*
2. ***Вміти** розв'язувати задачі з теорії диференціальних рівнянь в звичайних та частинних похідних, теорії стійкості динамічних систем, квантової механіки та класичної механіки.*
3. ***Володіти навичками** пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв'язку алгебраїчних і диференціальних рівнянь, роботи з інтерактивними і мультимедійними засобами, взаємодії з колегами під час навчання.*

**3. Анотація навчальної дисципліни:** В рамках курсу «Нелінійна фізика та синергетика» викладаються основи сучасної теорії складних нелінійних, відкритих, термодинамічно-нерівноважних систем.

**4. Завдання (навчальні цілі)** – основними завданнями вивчення дисципліни «Нелінійна фізика та синергетика» є сприяння розвитку логічного й аналітичного мислення студентів, оволодіння основними методами досліджень нелінійних систем в різних фізичних системах, вивчення необхідних теоретичними положень і методів дослідження таких систем, формування знань та застосування властивостей основних понять курсу для розв'язування практичних задач.

Згідно освітньо-наукових програм «Квантова теорія поля», «Фізика високих енергій», «Ядерна енергетика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

*загальних*

- Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. (ЗК06)
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК02)
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК03)
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК04)
- Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології. (ЗК05)
- Здатність використовувати основні методи програмування та моделювання у фізиці. (ЗК08)

*фахових:*

- Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ (СК01).
- Здатність складати уявлення про сучасні методи досліджень у квантовій теорії поля, теоретичній ядерній фізиці. (СК10).
- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та астрономії. (СК02)
- Здатність організовувати освітній процес та проводити практичні та лабораторні заняття з фізичних навчальних дисциплін в закладах вищої освіти. (СК07)

**5. Результати навчання за дисципліною:**

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1. Знати				
1.1	основні методи дослідження нелінійних динамічних систем	<ul style="list-style-type: none"><li>• лекції</li><li>• самостійна робота</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• доповіді</li><li>• модульний контроль</li></ul>	14

1.2	властивості автоколивальних систем та умови існування та виникнення автохвиль в нерівноважних системах		(колоквіум) • контроль виконання домашніх завдань • залікова робота	13
1.3	роль стохастичних процесів на поведінку динамічних систем			13
Загалом:				40
2. Вміти				
2.1	досліджувати стійкість динамічних систем	• лекції • самостійна робота	• доповіді • модульний контроль (колоквіум) • контроль виконання домашніх завдань • залікова робота	13
2.2	застосовувати сучасні методи дослідження для розв’язання практичних задач в нелінійній фізиці			14
2.3	набути навичок самостійного використання і вивчення літератури в нелінійній фізиці та синергетиці.			13
Загалом:				40
3. Комунікація				
3.1	здатність бути активним учасником дискусій з концентруванням уваги на значущих складових судження	• лекції • самостійна робота	• доповіді • модульний контроль (колоквіум) • контроль виконання домашніх завдань • залікова робота	3
3.2	презентувати результати самостійної роботи у форматі усних та/або письмових повідомлень із/без використання наочних засобів			4
3.3	бути толерантним щодо інших впродовж вербальної взаємодії			3
Загалом:				10
4. Автономність та відповідальність				
4.1	самостійно опрацьовувати, упорядковувати та оцінювати інформацію з різних джерел	• лекції • самостійна робота	• доповіді • модульний контроль (колоквіум) • контроль виконання домашніх завдань • залікова робота	4
4.2	застосовувати отримані знання в наукових дослідженнях			3
4.3	демонструвати вміння працювати в колективі та самостійно			3
Загалом:				10

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання за ОНП «Квантова теорія поля», «Фізика високих енергій», «Ядерна енергетика»**

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	1					2					3			4		
	1	2	3			1	2	3			1	2	3	1	2	3
<i>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.</i>	+	+	+													
<i>РН17. Застосовувати сучасні методи дослідження для розв'язування практичних задач в нелінійній фізиці та фізиці систем багатьох частинок.</i>	+	+	+			+	+	+								
<i>РН03.Застосовувати сучасні теорії наукового менеджменту та ділового адміністрування для організації наукових та прикладних досліджень в області фізики та астрономії.</i>														+	+	+
<i>РН04.Вибирати та використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних в фізичних та астрономічних дослідженнях і оцінювання їх достовірності.</i>						+	+	+								
<i>РН06.Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та астрономії.</i>	+	+	+			+	+	+								
<i>РН16.Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.</i>	+	+	+													
<i>РН19. Вміти визначати метод розрахунку, необхідний для розв'язку конкретної наукової проблеми в області фізики високих енергій.</i>						+	+	+								
<i>РН07.Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та астрономії, оприлюднених у формі публікацій чи усної доповіді.</i>														+	+	+
<i>РН08.Презентувати результати досліджень у формі доповідей на семінарах, конференціях тощо, здійснювати професійний письмовий опис наукового дослідження, враховуючи вимоги, мету та цільову аудиторію.</i>														+	+	+
<i>РН11.Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</i>	+	+	+			+	+	+								
<i>РН14.Розробляти та викладати фізичні навчальні дисципліни у закладах вищої, фахової передвищої,</i>											+	+	+	+	+	+

професійної (професійно-технічної), загальної середньої та позашкільної освіти, застосовувати сучасні освітні технології та методики, здійснювати необхідну консультативну та методичну підтримку здобувачів освіти.																	
PH15.Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки за результатами дослідження.															+	+	+
PH19. Застосовувати фізичні моделі та прийоми аналізу достовірності фізичних моделей для розв'язання прикладних задач в області ядерної енергетики;	+	+	+				+	+	+								

## 7. Схема формування оцінки.

Контроль знань здійснюється за системою ECTS, яка передбачає дворівневе оцінювання засвоєного матеріалу, зокрема:

- **оцінювання теоретичної підготовки**  
(результати навчання: **знати** 1.1 – 1.6), що складає 40% від загальної оцінки;
- **оцінювання вмінь працювати з науковою літературою за темою спецкурсу**  
(результати навчання: **вміти** 2.1-2.6; **комунікація** 3.1-3.6; **автономність та відповідальність** 4.1-4.6), що складає 60% загальної оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

- **семестрове оцінювання** розмежоване поміж практичними заняттями, лекційними заняттями, самостійною роботою. Загалом форми викладання і навчання проводяться у форматі усних та письмових завдань, обов'язкову кількість яких оцінюють різною кількістю балів:

- *min*– найменша кількість балів (їх отримання є свідченням, що студент приділив недостатньо уваги окремому завданню)
- *max*– висока кількість балів (їх отримання є свідченням, що студент приділив достатньо уваги та самоорганізації для опрацювання теми)

Форми викладання і навчання	Форми контролю	Результати навчання	Кількість балів	
			min	max
Доповіді з оглядом наукової літератури	Доповідь 1	1.1-1.5	8	15
	Доповідь 2	2.1-2.5		
	Доповідь 3	3.1-3.3 4.1-4.3		
Лекційні заняття	Модульний контроль	1.1-1.5	9	30

	(колоквіум)	2.1-2.5 3.1-3.3 4.1-4.3		
Самостійна робота	Контроль виконання домашніх завдань	1.1-1.5 2.1-2.5 3.1-3.3 4.1-4.3	7	15
Загалом за роботу у семестрі			24	60

- **відпрацювання пропусків** практичних занять, всі пропуски студентом без поважної причини повинні бути відпрацьовані.

- **допуском студента до підсумкового оцінювання** є виконання обов'язкових самостійних завдань, відпрацювання пропусків практичних занять та набирання мінімальної (**24**) кількості балів.

- **підсумкове оцінювання у формі заліку** здійснюється у формі письмового заліку. Завдання на залік включають три теоретичних питання і три практичних. Загальна кількість балів за залікову роботу складає 40 балів (5+5+5+5+10+10).

## 7.2 Організація оцінювання:

Форма оцінювання	Форми викладання і навчання	Форми контролю	Графік оцінювання	
			Конкретизований	загальний
Семестрова	Доповідь	Доповідь 1	Після теми 1, 5	Впродовж теоретичного навчання у семестрі
		Доповідь 2	Після теми 2, 6	
		Доповідь 3		
	Лекційні заняття	Модульний контроль (колоквіум)	В кінці жовтня	
	Самостійна робота	Контроль виконання домашніх завдань	В рамках теоретичного навчання, до початку семестрового контролю	
Підсумкова	Письмова робота	Залікова робота	Залежно від графіку навчання	Впродовж семестрового контролю

## 7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89

<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно/ Fail</b>	0-59
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Незараховано / Fail</b>	0-59



**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ**

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	семінари	С/Р
Змістовий модуль 1 Математичні методи та основні нелінійні моделі				
1	Вступ.	2		4
2	Математичні аспекти нелінійної теорії	2		4
3	Статичні нестійкості	2		4
4	Стійкість динамічних систем	2		4
5	Автоколивальні процеси	2		4
6	Хаос в динамічних системах	2		4
7	Поняття про турбулентність	2		4
	Модульна контрольна робота 1			
Змістовий модуль 2 Класичні та сучасні проблеми нелінійної фізики				
8	Структури у відкритих системах	2		4
9	Нелінійні хвильові процеси	2		4
10	Ударні хвилі	2		4
11	Автохвильові процеси	4		8
12	Елементи теорії солітонів	2		4
13	Нелінійні моделі в КТП	2		4
14	Класичні задачі нелінійної науки	2		4
	Підсумкова модульна контрольна робота			
	ВСЬОГО	30		60

Загальний обсяг 90 год.<sup>1</sup>, в тому числі:

Лекцій – 30 год.

Семінари – 0 год.

Самостійна робота - 60 год.

<sup>1</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

### Основна

1. Сугаков В.Й.. Основи синергетики (2001), Київ: Обереги
2. Хакен Г. Синергетика, -М. 1980
3. Заславский Г.М., Сагдеев Р.З. Введение в нелинейную физику: от маятника до турбулентности и хаоса, -М. 1988

### Додаткова

4. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику.- М., 1990.
5. Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж. Солитоны и нелинейные волновые уравнения, - М. 1988
6. Пригожин И. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках, -М. 2006

## ***ПИТАННЯ НА ЗАЛІК***

1. Сформулювати теорему Ляпунова.
2. Записати нелінійне рівняння Шрьодінгера. Які фізичні системи воно описує?
3. Знайти солітонний розв'язок рівняння КдВ.
4. Знайти солітонний розв'язок нелінійного рівняння Шрьодінгера.
5. Що описує модель Лорентца? Що таке дивний аттрактор.
6. Що таке дисипативна система?
7. За яких умов можуть автохвилі? В чому відмінність автохвиль від звичайних хвиль?
8. Що таке солітон?
9. Які рівняння називають інтегрованими?
10. Записати перші три інтеграли руху для рівняння КдВ. Скільки всього існує інтегралів руху у рівняння КдВ.
11. Як пов'язані кількість інтегралів руху у нелінійного рівняння і його інтегровність.
12. Наведіть приклад інтегровного рівняння з двома просторовими змінними.
13. В яких системах можуть існувати хвилі з від'ємною енергією?
14. Що таке вибухова нестійкість? Наведіть механізми, що можуть стабілізувати вибухову нестійкість.
15. Наведіть приклади нелінійні квантово-польові моделі.
16. Дайте означення інстантона.