

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора з наукової роботи

В. В. Давидовський
« 5 » 07 2023 р.



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛІНИ

ВСТУП ДО СИНЕРГЕТИКИ

Освітньо-кваліфікаційний рівень: *доктор філософії*

Галузь знань: *10 - Природничі науки*

Спеціальність : *104 – Фізика та астрономія*

Освітня програма: *Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.*

Статус курсу: *фаховий (вибірковий)*

Київ 2023

Вступ до синергетики: Навчально-методичний комплекс дисципліни. – Київ: ІЯД НАНУ, 2023 . - 23 с.

Укладач: Чернюк А.А., кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

Ухвалено на засіданні Вченої ради Інституту ядерних досліджень НАН України

протокол № 6 від “ 5 ” липня 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ
ВСТУП ДО СИНЕРГЕТИКИ

Освітньо-кваліфікаційний рівень: *доктор філософії*

Галузь знань: *10 - Природничі науки*

Спеціальність : *104 – Фізика та астрономія*

Освітня програма: *Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.*

Статус курсу: *фаховий (вибірковий)*

I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма з курсу «**Вступ до синергетики**» відповідає навчальному плану підготовки аспірантів за спеціальністю **104 – Фізика та астрономія** (галузь знань: **10 – Природничі науки**), що здобувають освітньо-кваліфікаційний рівень доктора філософії на відповідній освітній програмі ІЯД НАН України.

Курс «**Вступ до синергетики**» є необхідною складовою є складовою вибіркових навчальних дисциплін циклу професійної та практичної підготовки докторів філософії за спеціальністю **104 – Фізика та астрономі**, напрям підготовки: Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.

Він дає можливість ознайомити аспірантів з понятійним апаратом синергетичного підходу в універсальному теоретичному описі нелінійних явищ різних галузей знань, зокрема ряду фізичних феноменів, та надати необхідну базу для самостійного дослідження ефектів самоорганізації у відкритих системах, зокрема, утворення нових структур (фаз).

Курс «**Вступ до синергетики**» викладається на 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі та розрахований на 6 навчальних тижнів (по 4 ауд. год. щотижня; перші 4,5 тижнів занять – лекційні). Вивчення курсу передбачає аудиторну (лекції – 18 год.; практичні заняття – 6 год.; консультація – 2 год.) і самостійну роботу (34 год.). Загальна кількість годин, відведених на опанування дисципліни – 60 (2 кредити ЄКТС).

Мета дисципліни – ознайомлення аспірантів з основними положеннями курсу синергетики для дослідження систем, далеких від стану термодинамічної рівноваги, за допомогою спеціального теоретичного підходу, який дає змогу описувати явища нестабільності систем (зокрема, конденсованих), та засвоєння методів моделювання утворення нових структур у надбіфуркаційних режимах.

Завдання – сформувані у аспірантів базові теоретичні знання із математичного апарату дисципліни, ознайомитися із типовими явищами самоорганізації у фізиці, сформувані вміння теоретичного опису відкритих нелінійних систем.

Структура курсу

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

Знати: Основні поняття теорії самоорганізації систем, які знаходяться в стані, далекому від термодинамічної рівноваги. Володіти теорією багатостабільних систем, автоколивань, виникненням просторо-неоднорідних структур, автоколивань, виникненням просторово-неоднорідних структур, поширенням автохвиль.

Вміти: Аналізувати роль флуктуацій у фізичних та хімічних процесах. Мати уявлення про динамічний хаос. Ілюструвати конкретних явищами із

природничих галузей. Розраховувати нестійкості систем та вміти наближено обчислювати утворення нових структур у надбіфуркаційних режимах.

Місце дисципліни (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку). Вибіркова навчальна дисципліна «**Вступ до синергетики**» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «доктор філософії». Система знань, отримана при вивченні даного курсу, є необхідною для вільного ознайомлення з науковою літературою та при виконанні відповідних кваліфікаційних робіт.

Зв'язок з іншими дисциплінами. При вивченні дисципліни «**Вступ до синергетики**» використовуються знання та вміння, набуті аспірантами під час вивчення курсів загальної фізики, статистичної фізики, фізики твердого тіла та апарату ряду курсів вищої математики.

II. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№	Назва теми	Кількість годин				
		Всього	Лекцій	Практичних занять	Самостійна та індивідуальна робота	Консультації
	Розділ (змістовний модуль) 1. Основи теорії самоорганізації	-	-	-	-	-
	Тема 1. Фазові траєкторії. Нормальна форма рівнянь. Стійкість	3	1	-	2	-
	Тема 2. Автоколивання. Структурна стійкість. Просторово-неоднорідні системи	6	1	2	3	-
	Тема 3. Статичні нестійкості. Бістабільність	4	2	-	2	-
	Тема 4. Автоколивальні процеси	6	2	1	3	-
	Всього по розділу 1	19	6	3	10	-
	Розділ (змістовний модуль) 2. Нестійкості в системах із багатьох частинок					
	Тема 5. Термоконцентраційні нестійкості. Автоколивання в кристалах	5	2	-	3	-
	Тема 6. Нестабільність в кристалах при ядерному опроміненні	5	2	-	3	-
	Тема 7. Просторові структури. Ефект Бенара	5	1	-	4	-
	Тема 8. Надгратки густини частинок із скінченним часом життя	7	3	1	3	-
	Тема 9. Автохвилі. Ефект Ганна	5	1	-	4	-
	Тема 10. Елементи стохастичних процесів. Рівняння Фоккера-Планка	4	2	-	2	-
	Тема 11. Хаос, атрактори, фрактали	6	1	2	3	-
	Всього по розділу 2	39	12	3	24	-
	Іспит	-	-	-	-	2
	Всього	60	18	6	34	2

ЗМІСТ КУРСУ

Розділ (змістовний модуль) 1. Основи теорії самоорганізації

ТЕМА 1. Фазові траєкторії. Нормальна форма рівнянь. Стійкість

Опис дисципліни. Мета і завдання курсу.

Нелінійні та відкриті системи: означення та приклади у навколишньому світі. Вихідні рівняння, нормальна форма рівнянь. Критерій стійкості. Системи з одним/двома степенями вільності.

ТЕМА 2. Автоколивання. Структурна стійкість. Біфуркації

Автоколивні процеси в природі. Структурна стійкість. Означення біфуркації. Підбіфуркаційний та надбіфуркаційний режими. Аналітичні розв'язки в околі точки біфуркації. Адіабатичне наближення. Просторово-неоднорідні системи.

ТЕМА 3. Статичні нестійкості. Бістабільність

Якісні приклади нестійкості та бістабільності у природі: лазер, тригер, оптична бістабільність. Теорія катастроф. Типи фазових переходів.

ТЕМА 4. Автоколивальні процеси

Автоколивання в електричному полі, в моделі «хижак-жертва» та в хімічних реакціях. Синхронізація автоколивань.

Розділ (змістовний модуль) 2. Нестійкості в системах із багатьох частинок

ТЕМА 5. Термоконцентраційні нестійкості. Автоколивання в кристалах

Нестабільності в системі багатьох частинок, зокрема, екситонів. Термоконцентраційні коливання в кристалах при світловому та ядерному опроміненні. Дефекти в кристалах. Автоколивання в органічних кристалах при стаціонарному оптичному накачуванні. Бінарні кристали. Роль антиструктурних дефектів.

ТЕМА 6. Нестабільність в кристалах при ядерному опроміненні

Колівання, індуковані ядерним опроміненням у кристалах. Прояв цих нестійкостей на експерименті.

ТЕМА 7. Просторові структури. Ефект Бенара

Модель хімічної реакції «брюселятор». Ефект Бенара: визначення порогу та розрахунок запорогового режиму.

ТЕМА 8. Надгратки густини частинок із скінченим часом життя

Системи нестабільних частинок, які мають фазові переходи. Система взаємодіючих частинок, які генеруються та мають скінчений час життя: нестабільність та утворення просторових надграток. Структури густини антиструктурних дефектів. Прояв на експерименті.

ТЕМА 9. Автохвилі. Ефект Ганна

Біжучі фронти. Автохвилі фазового переходу. Рух доменів у напівпровідниках: ефект Ганна. Приклади автохвиль у природі.

ТЕМА 10. Елементи стохастичних процесів. Рівняння Фоккера-Планка

Марківські процеси. Кінетичні рівняння в статистичній фізиці. Стохастичність та її прояви. Бістабільність у хімічних реакціях. Рівняння Фоккера-Планка. Стохастичні диференціальні рівняння. Нерівноважні фазові переходи, індуковані шумом. Фазові перетворення в системі нестабільних частинок.

ТЕМА 11. Хаос, аттрактори, фрактали

Дивний аттрактор. Розпізнавання хаосу. Показники Ляпунова. Відображення та фрактальні структури.

Література

Основна

1. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – 512 с.
2. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 406 с.
3. Лоскутов А. Ю., Михайлов А. С. Введение в синергетику. – М.: Наука, 1990. – 272 с.
4. Сугаков В.Й. Основы синергетики. – К.: Обереги, 2001. – 287с.
5. Анісімов І.О. Синергетика. – К. : Київський ун-т, 2014. – 511 с.
6. Ансельм. Основы статистической физики и термодинамики. – М.: Мир. – 324 с.
7. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика. Т.2. – К.: Вища школа, 1993. – 415 с.

Додаткова

8. Хакен Г. Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир., 1985. – 424 с.
9. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. – М. : Мир, 1991. – 240 с.
10. Жаботинский А.М. Концентрационные колебания. – М.: Мир, 1974. – 180 с.
11. Томпсон М. Дефекты и радиационные повреждения в металлах. – М.: Мир, 1971. – 296 с.
12. Шустер Г. Детерминированный хаос. – М.: Мир, 1988. – 240 с.
13. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. – М.: Мир, 1977. – 328 с.
14. Юхновський І. Р. Основы квантової механіки. – К. : Либідь, 2002. – 392 с.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

ВСТУП ДО СИНЕРГЕТИКИ

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітньо- кваліфікаційний рівень	Організаційно-методична характеристика навчальної дисципліни	
	Академічна характеристика	Структура
10 – Природничі науки 104 – Фізика та астрономія Освітня програма – Фізика (Теоретична фізика) Доктор філософії	Рік навчання: 3 Семестр: 1 або 2 * Кількість годин на тиждень: 4 Статус курсу: <i>фаховий (вибірковий)</i> Кількість ECTS кредитів: 2 * дисципліна може викладатися на 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі	Кількість годин: Загальна: 60 Лекції: 18 Практичні заняття: 6 Консультація 2 Самостійна робота: 34 Вид підсумкового контролю: іспит

Робоча програма складена для докторів філософії – Освітня програма Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.

Укладач: Чернюк А.А., кандидат фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник

III. ПЛАН ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

МЕТА ТА МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛЕКЦІЙ

Проведення лекційних занять націлено на донесення загальних знань та побудову теоретичних методів по дисципліні, на сприяння розвитку у аспірантів розумової діяльності і розширення світогляду.

Розділ (змістовний модуль) 1. Основи теорії самоорганізації

Заняття 1. Тема 1. Фазові траєкторії. Нормальна форма рівнянь. Стійкість.

План.

1. Вступ: мета і завдання курсу.
2. Нелінійні та відкриті системи.
3. Вихідні рівняння, зведення їх до нормальної форми. Критерій стійкості.
4. Системи з одним/двома степенями вільності..

Література: [1-5,8,9]

Заняття 2. Тема 2. Автоколивання. Структурна стійкість. Біфуркації

План.

1. Автоколивні процеси в природі.
2. Біфуркації. Підбіфуркаційний та надбіфуркаційний режими.
3. Розв'язки в околі точки біфуркації.
4. Адіабатичне наближення.
5. Просторово-неоднорідні системи.

Література: [1,2,4,5]

Заняття 3. Тема 3. Статичні нестійкості. Бістабільність

План.

1. Приклади бістабільності у природі.
2. Лазер.
3. Тригер.
4. Оптична бістабільність.
5. Теорія катастроф.
6. Типи фазових переходів.

Література: [1,2,4,5,7]

Заняття 4. Тема 4. Автоколивальні процеси

План.

1. Автоколивання в електричному полі.
2. Модель «хижак-жертва».
3. Автоколивання в хімічних реакціях.

4. Синхронізація автоколивань

Література: [1-5,10]

Розділ (змістовний модуль) 2. Нестійкості в системах із багатьох частинок

Заняття 5. Тема 5. Термоконцентраційні нестійкості. Автоколювання в кристалах

План.

1. Нестабільності в системі багатьох частинок, зокрема, екситонів.
2. Термоконцентраційні колювання в кристалах.
3. Дефекти в кристалах.
4. Автоколювання в режимі стаціонарної лазерної накачки.
5. Бінарні кристали.
6. Антиструктурні дефекти.

Література: [4-6,10-12]

Заняття 6. Тема 6. Нестабільність в кристалах при ядерному опроміненні

План.

1. Колювання, індуковані ядерним опроміненням у кристалах.
2. Прояв нестійкостей густин та температур на експерименті.

Література: [4,11]

Заняття 7. Тема 7. Просторові структури. Ефект Бенара

План.

1. Брюселятор.
2. Ефект Бенара.
3. Визначення порогу ефекту Бенара. Запороговий режим.

Література: [1-4]

Заняття 8. Тема 8. Надгратки густини частинок із скінченим часом життя

План.

1. Системи нестабільних частинок. Фазові переходи.
2. Система взаємодіючих частинок із скінченим часом життя. Утворення просторових надграток густини.
3. Структури густини антиструктурних дефектів.

Література: [4]

Заняття 9. Тема 9. Автохвилі. Ефект Ганна

План.

1. Біжучі фронти.
2. Автохвилі фазового переходу.
3. Домени у напівпровідниках: ефект Ганна.

Література: [3-5]

Заняття 10. Тема 10. Елементи стохастичних процесів. Рівняння Фоккера-Планка.

План.

1. Марківські процеси.
2. Кінетичні рівняння в статистичній фізиці.
3. Бістабільність у хімічних реакціях.
4. Рівняння Фоккера-Планка. Стохастичні диференціальні рівняння.
5. Фазові перетворення в системі нестабільних частинок.

Література: [4,7,12,13]

Заняття 11. Тема 11. Хаос, атрактори, фрактали

План.

1. Типи атракторів.
2. Хаос.
3. Фрактальні структури та розмірність дивних атракторів.

Література: [4,12]

IV. ПЛАН ТА МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

МЕТА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичні заняття є сполучною ланкою між лекційними заняттями та самостійною роботою і мають на меті поглиблене засвоєння теоретичних понять, термінів і моделей з дисципліни та набуття практичних навиків розв'язання задач.

В процесі практичних занять з'ясовується ступінь засвоєння понятійно-термінологічного апарату та основних положень предмету, вміння розкривати конкретну тему, аналізувати і узагальнювати ключові питання курсу, робити числові оцінки, розв'язувати задачі.

Одним з важливих завдань проведення занять є отримання аспірантами навиків публічних виступів і дискусій.

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Передбачаються такі види аудиторної роботи:

- розгляд і обговорення теоретичного матеріалу за переліком контрольних питань по відповідних темах лекційних занять та питань для самостійного опрацювання;
- проведення семінарів з публічними виступами та доповідями по рефератах, підготовлених студентами самостійно за рекомендованою тематикою;
- розв'язання задач аналітичного характеру;
- розв'язання задач обчислювального характеру;
- проведення колоквіумів по засвоєнню теоретичного матеріалу;
- виконання контрольних робіт за індивідуальним завданням;
- перевірка практичних завдань, виконаних студентами під час самостійної роботи;
- проведення консультацій з дисципліни;

Практичне заняття 1. Тема 2. Автоколивання. Структурна стійкість. Просторово-неоднорідні системи

Контрольні питання:

1. Критерій стійкості системи.
2. Поняття біфуркації.
3. Фазові траєкторії системи із двома ступенями вільності.
4. Метод аналітичного розкладу в околі біфуркації.
5. Феноменолічний підхід до опису дифузії взаємодіючих частинок.

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Види стійкості та математичні критерії дослідження стійкості системи диференціальних рівнянь.

2. Екстремум функціоналу. Рівняння Ейлера-Лагранжа.
3. Спінодаль та бінодаль у фазових переходах.

Література: [1,2,4-7,13]

Практичне заняття 2. Тема 4. Автоколивальні процеси

Контрольні питання:

1. Метод Ван-дер-Поля.
2. Еволюція екології.
3. Реакція Білоусова-Жаботинського.

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Системи із зворотнім зв'язком.
2. Синхронізація генераторів.

Література: [1-5,10]

Практичне заняття 3. Тема 8. Надгратки густини частинок із скінченним часом життя

Контрольні питання:

1. Активаційний механізм дифузії екситонів.
2. Молекулярні кристали із домішками.
3. Види автоколивань у кристалах.

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Бістальність густини у кристалах при опроміненні.
2. Мультистабільність у кристалах із уловлювачами.

Література: [4,14]

Практичне заняття 4. Тема 11. Хаос, атрактори, фрактали

Контрольні питання:

1. Атрактори.
2. Типи відображень.

Питання для самостійного поглибленого вивчення (теми доповідей):

1. Критерії розпізнавання хаосу.
2. Розмірність дивних атракторів.

Література: [4,12]

V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

МЕТА І ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Головна мета проведення самостійної роботи полягає у необхідності більш широкого огляду тематики курсу з використанням матеріалів підручників, періодичних видань, наукових праць, монографій з окремих питань дисципліни.

Важливою складовою самостійної роботи студентів є виконання індивідуальних робіт.

Виконання індивідуальних робіт має на меті:

- закріплення знань теоретичного курсу;
- набуття навичок опрацювання наукової літератури (монографій, наукових статей);
- напрацювання вмінь та навичок розв'язування фізичних задач;
- навчання ефективному використанню фізико-математичних довідників, енциклопедій (включно з on-line інформацією) і т. ін.

ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ теми	Завдання	Література	Форма контролю
1	Поняття синергетики. Сучасний синергетичний підхід світогляду. Прикладу явищ синергетики в нетехнічних науках. Вихідні рівняння, зведення їх до нормальної форми. Критерій стійкості.	1-5,8,9	Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.
2	Автоколивні процеси в природі та техніці. Біфуркації та їх прояв. Адіабатичне наближення в різних курсах фізики. Просторово-неоднорідні системи. Приклади.	1,2,4,5	Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.

3	<p>Бістабільність у природі. Приклади. Лазер. Тригер як типова система бістабільності. Види оптичної бістабільності. Фазових переходи I-го та II-го роду: спільне і відмінне.</p>	1,2,4,5,7	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>
4	<p>Схема електричного поля та експериментальний прояв автоколивань. Модель «хижак-жертва» в екології. Автоколивання в хімічних реакціях. Синхронізація автоколивань</p>	1-5,10	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>
5	<p>Поняття квазічастинки екситону. Основні риси. Нестабільність в системі екситонів. Типи дефекти в кристалах. Термоконцентраційні та автоколивання коливання в кристалах. втоколивання в режимі стаціонарної лазерної накачки. Поняття бінарних кристалів.</p>	4-6,10-12	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>
6	<p>Розшарування на фази в кристалах. Надгратки густини в кристалах: типи. критерії утворення та прояв на експерименті.</p>	4-11	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>
7	<p>Відсутність дисипативних структур у системах із однією змінною. Хімічна реакція типу «брюселятор». Ефект Бенара: якісне пояснення.</p>	1-43	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>

8	<p>Приклади систем, які мають фазові переходи. Приклади систем нестабільних частинок. Система взаємодіючих частинок із скінченим часом життя. Надгаки антиструктурних дефектів.</p>	4	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>
9	<p>Автохвилі фазового переходу: типи потенціалів. Домени у напровідниках. Їх рух та нестійкість. Поширення нервових імпульсів.</p>	3,5	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>
10	<p>Рівняння Чепмена-Колмогорова. Врахування стохастичності у диференціальних рівняннях, які описують дисипативні системи. Рівняння Фоккера-Планка для системи нестабільних частинок. Функція розподілу густини частинок.</p>	4,7,12,13	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>
11	<ol style="list-style-type: none"> 1. Типи атракторів та їх прояв. 2. Хаос та його визначення. 3. Показники Ляпунова. 4. Фрактальні структури та розмірність дивних атракторів. 	4,12	<p>Опитування, перевірка конспекту, виступи в аудиторії, розв'язання задач в аудиторії, перевірка самостійного розв'язання задач.</p>

ОБСЯГ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Підготовка до поточних практичних занять	10
2.	Виконання поточних практичних завдань	20
3.	Опанування матеріалів лекцій та додаткових питань із застосування основної та додаткової літератури	30
4.	Індивідуальні консультації з викладачем	10
	ВСЬОГО	70

Завдання (задачі, вправи) для самостійної роботи

1. Виконати дослідження на нестійкість системи «хижак-жертва». Умови спостереження автоколивань.
2. Визначення екстремальної форми вигнутого стержня як розв'язання задачі на пошук екстремума.
3. Знаходження на фазовій діаграмі меж бінодалі та спінодалі для фазових перетворень стабільних частинок.
4. Пошук перших членів розкладу параметрів «брюселятора» в околі точки біфуркації у запороговому режимі.
5. Обчислення перших членів розкладу амплітуди коливань одновимірної надгратки у системі нестабільних частинок.
6. Дослідження на нестійкість конкретної моделі Вашої наукової роботи. Визначення швидких/повільних параметрів та малого безрозмірного параметру розкладу в запороговому режимі.

Теми для рефератів та доповідей

1. Прояви синергетичного підходу в сучасних дослідженнях.
2. Стохастичні методи досліджень.
3. Кореляційний інтеграл в описі дивного атратора.
4. Показники Ляпунова в хаотичному русі.
5. Модель Лоренца для ефекту Бенара.

VI. ФОРМИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

МЕТА І ФОРМИ ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ

Мета поточного контролю – оцінити ступінь засвоєння теоретичного і практичного матеріалу та рівень знань студентів з відповідних розділів дисципліни.

Рівень поточних знань оцінюється в балах по кожному із передбачених видів практичних завдань окремо:

- володіння теоретичним матеріалом;
- розуміння сутності фізичних явищ;
- вміння робити оцінки за порядком величин;
- розв’язання задач аналітичного характеру;
- розв’язання задач обчислювального характеру.

Згідно до методики рейтингової оцінки поточний рейтинг аспіранта розраховується як сума балів за всіма видами практичних завдань, колоквиуму та контрольної роботи (плюс показники відвідування лекційних та практичних занять) і нараховується протягом семестру.

Аспіранти, поточні знання яких оцінені на “незадовільно” (0-29 балів), вважаються не атестованими і до іспиту з дисципліни не допускаються. Аспіранти, які за роботу в семестрі та на іспиті набрали 30-59 балів мають право на перескладання.

МЕТА І ФОРМИ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

Підсумковий контроль знань здійснюється наприкінці семестру шляхом складання іспиту.

До іспиту допускаються аспіранти, які мають необхідний рівень поточних знань.

Іспит проводиться в змішаній формі, по завданнях які складені на основі програми курсу та мають однаковий рівень складності. На підготовку відводиться 2 академічні години. Під час проведення іспиту дозволяється користуватися конспектом.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ

2. Предмет вивчення синергетики. Приклади із повсякдення.
3. Фазові траєкторії. Нормальна форма рівнянь. Стійкість.
4. Системи з одним/двома степенями вільності.
5. Структурна стійкість. Біфуркації.
6. Автоколивні процеси в природі. Приклади.
7. Просторово-неоднорідні системи. Приклади.
8. Приклади нестійкості та бістабільності у природі.
9. Теорія катастроф. Типи фазових переходів.
10. Автоколивання в електричному полі, в моделі «хижак-жертва» та в хімічних реакціях.
11. Синхронізація автоколивань.
12. Термоконтраційні коливання в кристалах при світловому та ядерному опроміненні.
13. Автоколивання в органічних кристалах при стаціонарному оптичному накачуванні.
14. Коливання, індуковані ядерним опроміненням у кристалах.
15. Просторові структури: ефект Бенара.
16. Модель хімічної реакції «брюселятор».
17. Система взаємодіючих частинок, які генеруються та мають скінчений час життя: нестабільність та утворення просторових надграток.
18. Біжучі фронти. Автохвилі фазового переходу.
19. Рух доменів у напівпровідниках: ефект Ганна.
20. Марківські процеси. Кінетичні рівняння в статистичній фізиці. Стохастичність та її прояви.
21. Рівняння Фоккера-Планка. Стохастичні диференціальні рівняння.
22. Фазові перетворення в системі нестабільних частинок.
23. Дивний аттрактор.
24. Розпізнавання хаосу.
25. Відображення та фрактальні структури.

VII. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ І ВМІНЬ СТУДЕНТІВ, УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО РЕЙТИНГУ

Рівень поточних знань студентів оцінюється відповідно до методики рейтингової оцінки. Сутність методики полягає у визначенні поточного рейтингу студента, що розраховується як сума балів за всіма видами практичних завдань та результатами самостійної роботи і наращується протягом семестру.

<i>Вид роботи</i>	<i>Обсяг за семестр</i>	<i>Максимальна кількість балів за виконану роботу</i>
<i>Теоретичне питання (просте)</i>	<i>4</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 1 бал. Всього за семестр – 4 бали.</i>
<i>Теоретичне питання (ускладнене)</i>	<i>4</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 2 бали. Всього за семестр – 8 балів</i>
<i>Розв'язування задач</i>	<i>2</i>	<i>Кожне правильне розв'язання – 5 балів. Всього за семестр – 10 балів</i>
<i>Проведення колоквиуму та контрольної роботи</i>	<i>1</i>	<i>Кожне правильне розв'язання завдання – 5 балів. Всього за колоквиум та контрольну роботу – 10 балів</i>
<i>Відвідування лекцій</i>	<i>16</i>	<i>Кожна відвідана лекція – 1 бал. Всього за семестр – 16 балів</i>
<i>Відвідування семінарів</i>	<i>14</i>	<i>Кожний відвіданий семінар – 1 бал. Всього за семестр – 14 балів</i>
<i>Сукупний рейтинг</i>	<i>-</i>	<i>60 балів</i>

КРИТЕРІЇ СКЛАДАННЯ ІСПИТУ (ЗАЛІКУ)

Кожне завдання для проведення іспиту (заліку) має бути однакової складності. Зміст питань та завдань має бути розрахований на письмову підготовку аспіранта протягом двох академічних годин.

Максимальна кількість балів на проведення підсумкового контролю – 40. Критерії оцінки підсумкових знань при складанні іспиту наведені в таблиці .

Критерії складання іспиту (заліку)

<i>Характеристика відповіді по варіанту</i>	<i>Максимальна кількість балів</i>
<i>Зміст 2-х теоретичних питань розкрито повністю і в розгорнутому вигляді</i>	<i>30</i>
<i>Вірні відповіді на тести /додаткові питання чи розв'язок задач</i>	<i>10</i>
<i>ВСЬОГО</i>	<i>40 балів</i>

За результатами складання іспиту (заліку) якість підсумкових знань аспіранта оцінюється за рейтинговою системою та трансформується в національну шкалу та шкалу ECTS

Таблиця

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної університетської шкали оцінювання в національну 4-бальну шкалу та шкалу ECTS.

За шкалою університету	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Іспит	Залік	
91 – 100	5 (відмінно)	Зараховано	A (відмінно)
81 – 90	4 (добре)		B (дуже добре)
71 – 80			C (добре)
66 – 70	3 (задовільно)		D (задовільно)
60 – 65			E (достатньо)
30 – 59	2 (незадовільно)	Не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 29			F (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)