

СИЛАБУС
навчальної дисципліни
«ВСТУП ДО СИНЕРГЕТИКИ»

Галузь знань	<i>10 – Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>104 – Фізика та астрономія</i>
Освітня програма	<i>Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу</i>
Освітній рівень	<i>доктор філософії</i>
Статус дисципліни	<i>Фаховий / Вибірковий</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Курс / семестр	<i>II (III) курс, 1 (2) семестр</i>
Кількість кредитів ЄКТС	<i>2 кредити</i>
Розподіл за видами занять та годинами навчання	<i>Лекції – 18 год. Практичні (семінарські) – 6 год. Лабораторні – 0 год. Самостійна робота – 34 год.</i>
Форма підсумкового контролю	<i>Іспит</i>
Відділ	<i>Відділ теоретичної фізики, ІЯД НАН України, корп. 101, кімн. 422, http://www.kinr.kiev.ua/departments/theoretical_physics/theoretical_physics_ua.html</i>
Викладач (-і)	<i>Чернюк Андрій Аркадійович, к. ф.-м. н., с.н.с.</i>
Контактна інформація викладача (-ів)	<i>inr@ukr.net, (099)6048850</i>
Дні занять	<i>Понеділок-п'ятниця</i>
Консультації	<i>Дистанційні, за домовленістю з ініціативи здобувача, групові</i>

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

Мета навчальної дисципліни – ознайомлення з основними положеннями синергетики для дослідження нерівноважних систем за допомогою спеціального теоретичного підходу, який дає змогу описувати явища нестабільності систем (зокрема, конденсованих).

Предмет навчальної дисципліни – аналітичні методи вивчення нелінійних відкритих систем.

Компетентності

Інтегральна компетентність (ІК): формування базових теоретичних знань із математичного апарату дисципліни, ознайомлення із типовими явищами самоорганізації у різних розділах фізики, формування вміння теоретичного опису відкритих нелінійних систем.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК02. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

СК01. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики та/або астрономії, інтегрувати знання з різних галузей.

СК02. Здатність відстежувати тенденції розвитку фізики та/або астрономії, їх прикладних за-

стосувать, критично переосмислювати наявні знання та методи фундаментальних та прикладних наукових досліджень.

СК06. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії.

Програмні результати навчання

РН01. Мати сучасні концептуальні та методологічні знання з фізики та/або астрономії та дотичних до них міждисциплінарних напрямів, а також необхідні навички, достатні для проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень з метою отримання нових знань та/або здійснення розробок та інновацій.

РН05. Розробляти моделі процесів і систем у фізиці та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямках, використовувати їх у науково-дослідницькій діяльності для отримання нових знань та/або створення розробок та інноваційних продуктів.

РН09. Глибоко розуміти загальні принципи та методи природничих наук, а також методологію наукових досліджень, місце фізики в системі наукових знань як методологічної основи природничих, інженерних наук та технологій; застосувати їх у власних дослідженнях у сфері фізики та/або астрономії та у викладацькій діяльності.

Після засвоєння матеріалу дисципліни аспіранти повинен: знати основні поняття теорії самоорганізації систем, які знаходяться в стані, далекому від термодинамічної рівноваги; володіти теорією багатовстабільних систем, автоколивань, виникнення просторо-неоднорідних структур, автоколивань, виникнення просторово-неоднорідних структур, поширення автохвиль; аналізувати роль флуктуацій у фізичних та хімічних процесах; мати уявлення про динамічний хаос; ілюструвати конкретні явища із природничих галузей; розраховувати нестійкості систем та вміти наближено обчислювати утворення нових структур у надбіфуркаційних режимах.

Передумови для навчання

Перелік попередньо прослуханих дисциплін / Знання, вміння, навички, якими повинен володіти здобувач, щоб приступити до вивчення дисципліни

Для успішного засвоєння дисципліни аспірант повинен знати математичний аналіз, лінійну алгебру, теорію диференціальних рівнянь та теорію рівнянь математичної фізики в обсязі стандартних університетських курсів. Крім того, бажано мати навички програмування в сучасних математичних пакетах (Maple, Mathematica, тощо). Компетентності, знання, уміння та досвід, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Вступ до синергетики», є необхідними для якісного виконання наукових досліджень за темою дисертації.

Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на 2 розділи:

Розділ 1. Основи теорії самоорганізації.

Розділ 2. Нестійкості в системах із багатьох частинок.

Матеріально-технічне (програмне) забезпечення дисципліни

Для виконання практичних завдань за темою курсу потрібен персональний комп'ютер; можна вважати, що ця вимога легко задовольняється для аспірантів ІЯД НАН України у тих відділах, де виконується наукова робота (навіть якщо аспірант не має ані особистого комп'ютера вдома, ані ноутбука). Існують безкоштовні варіанти усіх програмних засобів, необхідних для виконання практичних завдань, наприклад, Maple та Mathematica із академічною ліцензією, онлайн-компілятор TeX, Borland C++, графічна програма gnuplot. Ряд повнофункціональних безкоштовних програм наявні для платформи Linux. Отже, кожний відділ у змозі створити аспірантові достатні умови для виконання завдань курсу.

Сторінка курсу на платформі Інституту (персональна навчальна система)

Наразі такої немає.

Рекомендовані джерела

Базова література:

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.И. 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.

Допоміжна література:

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. Основи квантової механіки. – К. : Либідь, 2002. – 392 с.

Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться аспірант – суб'єкт навчання і майбутній науковець.

Лекційні заняття

Розділ 1. Основи теорії самоорганізації.

Лекція 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.

Лекція 2. Автоколивання. Структурна стійкість. Біфуркації. Статичні нестійкості. Бістабільність. Автоколивні процеси в природі. Структурна стійкість. Означення біфуркації. Підбіфуркаційний та надбіфуркаційний режими. Аналітичні розв'язки в околі точки біфуркації. Адіабатичне наближення. Просторово-неоднорідні системи. Якісні приклади нестійкості та бістабільності у природі: лазер, тригер, оптична бістабільність. Теорія катастроф. Типи фазових переходів.

Лекція 3. Автоколивальні процеси. Автоколивання в електричному полі, в моделі «хижак-жертва» та в хімічних реакціях. Синхронізація автоколивань.

Розділ 2. Нестійкості в системах із багатьох частинок.

Лекція 4. 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.

Лекція 5. Нестабільність в кристалах при ядерному опроміненні. Коливання, індуковані ядерним опроміненням у кристалах. Прояв цих нестійкостей на експерименті.

Лекція 6. Просторові структури. Ефект Бенара. Модель хімічної реакції «брюселятор». Ефект Бенара: визначення порогу та розрахунок запорогового режиму.

Лекція 7. Надгратки густини частинок із скінченням 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.

Лекція 8. Автохвилі. Ефект Ганна. Елементи стохастичних процесів. Рівняння Фоккера-Планка. Біжучі фронти. Автохвилі фазового переходу. Рух доменів у напівпровідниках: ефект Ганна. Приклади автохвиль у природі. 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.

Лекція 9. Хаос, аттрактори, фрактали. Дивний аттрактор. Розпізнавання хаосу. Показники Ляпунова. Відображення та фрактальні структури.

Практичні заняття

Заняття 1. Автоколивання. Структурна стійкість. Просторово-неоднорідні системи.

Автоколивальні процеси. Метод аналітичного розкладу в околі біфуркації. Феноменологічний підхід до опису дифузії взаємодіючих частинок. Реакція Білоусова-Жаботинського.

Заняття 2. Надгратки густини частинок із скінченням часом життя. Автоколивання у кристалах при опроміненні.

Заняття 3. Хаос, аттрактори, фрактали. Типи відображень. Критерії розпізнавання хаосу. Розмірність дивних аттракторів.

Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
Опрацювання матеріалу лекцій та літератури	22
Виконання практичних завдань	4
Підготовка до іспиту	8

Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

– правила відвідування занять: заняття проводяться відповідно до розкладу згідно із правилами встановленими Положенням про організацію освітнього процесу в Інституті ядерних досліджень НАН України (http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat_ed_inet.pdf), присутність на заняттях є добровільним і не допускається примушування до будь-яких дій в навчальному процесі без особистої згоди аспіранта. Відповідно до робочої навчальної програми даної дисципліни, бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях відповідно до Уніфікованої система оцінювання навчальних досягнень аспірантів (http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys_test.pdf).

– правила поведінки на заняттях: аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації в telegram-каналі, в дистанційному курсі на платформі Інституту здійснюється за умови вказівки викладача;

– політика дедлайнів та перескладань: якщо аспірант не виконував модульні контрольні роботи (без поважної причини), то його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання передбачено у разі поважних причин;

– політика щодо академічної доброчесності: Положення встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в Інституті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Основи прикладної ядерної фізики, радіаційні та ядерні технології виробництва»;

– при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

Система оцінювання результатів навчання

Види контролю та система оцінювання результатів навчання

Поточний контроль: опитування за темою заняття, модульні контрольні роботи (МКР).

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: іспит (залік).

Умови допуску до семестрового контролю: відсутні.

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує:

- 1) на лекційних та практичних заняттях;
- 2) за модульні контрольні роботи (МКР);
- 3) на іспиті.

Система рейтингових балів

1) Лекційні та практичні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 1 бал. Максимальна кількість балів, які може отримати аспірант, відвідавши заняття становить $(9+3) \times 1 = 12$ балів.

Відповіді на теоретичні питання (до 6 шт.) оцінюються в 2 бали: всього $2 \times 6 = 12$ балів.

2) МКР. Ваговий коефіцієнт дорівнює 10. Максимальна кількість балів, які може отримати аспірант на практичних заняттях становить $3 \times 10 = 30$ балів. Нарахування балів на одній МКР:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 9-10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 7-8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 5-6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

3). Іспит. Критерії оцінювання. Завдання містить три теоретичні питання, кожне з яких оцінюється у 14 балів. Додаткові питання за темою білета оцінюються в 4 бали. Всього $14 \times 3 + 4 = 46$ балів.

Нарахування балів за всю екзаменаційну відповідь:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 40-46 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 33-39 балів;
- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 24-32 балів;
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

Накопичування рейтингових балів з навчальної дисципліни			
Види навчальної роботи			Мах кількість балів
Навчальна активність на лекційних та практичних заняттях			24
МКР			30
Іспит			46
Максимальна кількість балів			100
Відповідність шкали оцінювання ЄКТС національній системі оцінювання та ІЯД НАНУ			
Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену (іспиту), диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики, тренінгу	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D		
60 – 65	E	задовільно достатньо	не зараховано
35 – 59	FX	незадовільно	
1 – 34	F		
<i>Більш детальну інформацію щодо компетентностей, результатів навчання, методів навчання, форм оцінювання, самостійної роботи наведено у Робочій програмі навчальної дисципліни, див сайт ІЯД.</i>			

Силабус затверджено на засіданні вченої ради ІЯД НАНУ « 5 » липня 2023 р. Протокол № 6.