

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Введение в синергетику

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1 – Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. – Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования;

ИПК-1.2. – Владеет практическими навыками использования современных методов исследования в выбранной области.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить принципы линейной и нелинейной термодинамики и математический аппарат нелинейных дифференциальных уравнений, необходимые для анализа синергетических процессов.

– Научиться применять этот понятийный аппарат для решения практических задач синергетики.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 1, зачет с оценкой.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, Термодинамика и статистическая физика, Дифференциальные уравнения, Философия.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 16 ч.;

– практические занятия: 16 ч.;

В том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Синергетика как новое мировоззрение.

Консервативные и диссипативные системы. Процессы самоорганизации.

Тема 2. Теорема о минимальном производстве энтропии.

Термодинамические критерии устойчивости и эволюции сложных систем.

Тема 3. Уравнения эволюции.

Устойчивость по Ляпунову. Линейный анализ устойчивости.

Тема 4. Бифуркации в простой диссипативной системе.

Классификация бифуркаций.

Тема 5. Системы нелинейных уравнений с одной и двумя степенями свободы.

Анализ этих уравнений на устойчивость в линейном приближении и построение бифуркационных диаграмм.

Тема 6. Примеры нелинейных уравнений с двумя степенями свободы.

Реакция Белоусова-Жаботинского. Ячейки Бенара. Математический маятник, модель хищник-жертва.

Тема 7. Моделирование нелинейных процессов на компьютерах.

Занятия в компьютерном классе с разработанным лектором комплексом программ.

Тема 8. Решение задач.

Решение практических задач синергетики.

Тема 9. Методы построения математических моделей для исследования сложных систем.

Классификация состояния сложных систем на основе отображения Пуанкаре.

Консервативные системы – возможность существования хаотических и упорядоченных состояний. Эргодичность и перемешивание.

Тема 10. Типы аттракторов.

Классификация аттракторов на основании энтропии Колмогорова-Синяя.

Тема 11. Показатели Ляпунова.

Показатели Ляпунова как критерий хаотичности сложных систем.

Тема 12. Сценарии хаоса.

Турбулентность Лоренца. Хаос Помо-Манневилля, хаос Рюэля-Таккенса-Ньюхауза.

Тема 13. Теория точечных отображений.

Логистическое отображение. Хаос Фейгенбаума.

Тема 14. Фракталы.

Понятие фракталов и их классификация. Фрактальные размерности.

Тема 15. Решение задач и моделирование сценариев перехода к хаосу на компьютерах.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится с учетом посещаемости и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в девятом семестре проводится в устной форме по билетам.

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзаменационная оценка определяется исходя из результатов экзамена.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Прочитанные лекции

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

1. Решение задач на анализ уравнений эволюции для систем с двумя степенями свободы.

2. Моделирование нелинейных процессов на компьютерах (модель хищник-жертва, химические осцилляции, гармонический маятник и др.).

3. Моделирование сценариев хаоса на компьютерах (аттрактор Лоренца, хаос Фейгенбаума, аттрактор Эно).

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студента включает:

углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лекционным и практическим занятиям;

подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;

подготовку к дифференцированному зачету.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Г. Хакен, Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся устройствах и системах, М: Мир, 1985
2. Г. Хакен, Информация и самоорганизация, М: Мир, 1991
3. А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов, Введение в синергетику, М: Наука, 1990
4. Ю.Л. Ермолаев, А.Л. Санин, Электронная синергетика, Изд-во Ленингр. Ун-та, 1989
5. Г.М. Заславский, Р.З. Сагдеев, Введение в нелинейную физику, М: Наука, 1988
6. Г. Николис, И. Пригожин, Самоорганизация в неравновесных системах, М: Наука, 1979
7. Г. Шустер, Детерминированный хаос, М: Мир, 1988
8. П. Берже и др., Порядок в хаосе: о детерминистическом подходе к турбулентности, М: Мир, 1991
9. В.И. Сугаков, Введение в синергетику, Изд-во Киев. Ун-та, 1992
10. Г. Николис, И. Пригожин, Познание сложного, М: Мир, 1990
11. Ж. Йосс, Д. Джозеф, Элементарная теория устойчивости и бифуркаций, М, 1983
12. П. Гленсдорф, И. Пригожин, Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций, М: Наука, 1973
13. Г.М. Заславский, Р.З. Сагдеев, Слабый хаос и квазирегулярные структуры, М: Мир, 1991
14. С.П. Кузнецов, Динамический хаос, М: Физматлитература, 2001

б) дополнительная литература:

1. – А. Баблюяц, Молекулы, динамика и жизнь: Введение в самоорганизацию материи, М: Мир, 1990.
2. В.И. Арнольд, Теория катастроф, М, 1990
3. Дж. Марри, Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии, М: Мир, 1983
4. А.Б. Рубин, Биофизика, т.1, М: Высшая школа, 1987
5. О.М. Белоцерковский, Численный эксперимент в турбулентности: от порядка к хаосу, М: Наука, 1997
6. Г. Шустер, Детерминированный хаос, М: Мир, 1988
7. Статьи в журналах Physical Review A, Physical Review E за 1998-2017 гг.

- в) ресурсы сети Интернет:
– Все, что найдут в Интернете.

13. Перечень информационных технологий

а) Авторский комплекс программ на языках FORTRAN и MAPLE 18, позволяющий провести компьютерное моделирование изучаемых в курсе задач; лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); система компьютерной алгебры Waterloo Maple.

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ
- <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ
- <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.
Компьютерный класс с доступом в Интернет.

15. Информация о разработчиках

Корюкина Елена Владимировна, доктор физико-математических наук, доцент, кафедры физики плазмы физического факультета ТГУ, доцент.