

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

**Теория динамических систем**

по направлению подготовки

**03.04.02 - Физика**

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

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
О.Н. Чайковская

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1 Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

– ИПК-1.1 – Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости;

– ИПК-1.2 – Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать;

– ИПК-1.3 – Владеет навыками аналитической переработки информации, проведения исследований с помощью современной аппаратуры и информационных технологий, обобщения и представления результатов, полученных в процессе решения задач исследования.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить аппарат теории динамических систем и методы качественного исследования систем дифференциальных уравнений.

– Научиться применять понятийный аппарат теории динамических систем и методы качественного исследования решений систем дифференциальных уравнений для решения практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

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 2, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования. Для изучения и понимания материала данной дисциплины обучающийся должен владеть основными понятиями и методами дифференциального и интегрального исчисления, линейной алгебры, векторного и тензорного анализа, дифференциальной геометрии, теории групп и математической физики. Особенно важно для понимания данного курса знать основные понятия и методы дифференциальной геометрии и топологии, роль решений уравнений математической физики в анализе физических явлений.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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. Введение в предмет.

Основные понятия и теоремы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Фазовое многообразие и векторные поля. Примеры динамических систем на плоскости.

Тема 2. Задача качественного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.

Простые и сложные состояния равновесия. Классификация простых состояний равновесия на плоскости. Угол, под которым траектория входит в состояние равновесия.

Тема 3. Индекс кривой и особой точки векторного поля на плоскости.

Индекс кривой и особой точки векторного поля на плоскости. Примеры применения индекса (основная теорема алгебры, теорема о неподвижной точке).

Тема 4. Теорема о сумме индексов.

Теорема о сумме индексов. Теорема Хопфа. Степень отображения и многомерное обобщение понятия индекса. Приложения к линейным системам уравнений.

Тема 5. Устойчивость замкнутых траекторий.

Понятие устойчивости замкнутой траектории. Теория Флоке. Отображение Пуанкаре за период и динамические системы с дискретным временем.

Тема 6. Предельное множество полутраектории.

Понятие предельного множества полутраектории. Топологические свойства предельных множеств. Примеры предельных множеств.

Тема 7. Классификация предельных множеств для динамических систем на плоскости и сфере.

Теорема Жордана о замкнутой кривой. Классификация предельных множеств для динамических систем на плоскости и сфере.

Тема 8. Признаки существования и отсутствия состояний равновесия и предельных циклов.

Основные признаки существования и отсутствия состояний равновесия и предельных циклов. Приложения к уравнениям второго порядка.

Тема 9. Структурная устойчивость.

Понятие структурной устойчивости. Гладко эквивалентные динамические системы и модули. Топологическая и орбитальная эквивалентность.

Тема 10. Дифференциальные уравнения на торе.

Дифференциальные уравнения на торе. Эргодические свойства потоков на торе. Функция последования.

Тема 11. Дiffeоморфизмы окружности.

Дiffeоморфизмы окружности. Число вращения и его свойства. Структурно устойчивые автоморфизмы окружности.

Тема 12. Транзитивные и не транзитивные автоморфизмы окружности.

Классификация предельных множеств для автоморфизмов Транзитивные и не транзитивные автоморфизмы окружности. Теорема Донжуа. Структурно устойчивые потоки на торе. Синхронизация.

Тема 13. Гиперболические автоморфизмы тора.

Определение гиперболического автоморфизма тора. Структурная устойчивость гиперболических автоморфизмов тора.

Тема 14. У-системы Аносова.

У-потоки. Геодезические потоки на поверхностях отрицательной кривизны. Биллиардные Системы. У-системы и прогонка.

Тема 15. Нормальные формы Пуанкаре.

Формальное приведение к линейной нормальной форме. Резонансы. Теорема Пуанкаре. Гомологическое уравнение. Теорема Пуанкаре-Дюлака для резонансного случая. Примеры использования метода Пуанкаре для исследования состояния равновесия и предельных циклов.

Тема 16. Сходимость рядов Пуанкаре.

Области Пуанкаре и Зигеля. Вопросы сходимости. Вещественный и неаналитический случай.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, подготовки рефератов 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**

**Экзамен во втором семестре** проводится в письменной форме по билетам. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

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) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

в) План практических занятий по дисциплине.

Тема 1. Динамические системы на плоскости или сфере

Тема 2. Динамика в окрестности положения равновесия

Тема 3. Индекс кривой и особой точки векторного поля на плоскости.

Тема 4. Устойчивость замкнутых траекторий.

Тема 5. Признаки существования предельных циклов.

Тема 6. Дифференциальные уравнения на торе.

Тема 7. Диффеоморфизмы окружности.

Тема 8. У-системы Аносова.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

### а) основная литература:

- Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - М.:Наука, 1971.- 240 с.
- Арнольд В. И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1978. – 304 с.
- Хартман Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - М.: Мир, 1970. -
- Эрроусмит Д, Плейс К. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Мир, 1986. -
- Андронов А. А., Леонтович Е. А., Гордон И. И, Майер А. Г. Качественная теория динамических систем второго порядка. – М: Наука, 1966. -
- Палис Ж, Ди Мелу В. Геометрическая теория динамических систем. – М: Мир, 1986. – 301 с.
- Баутин Н. Н., Леонтович Е. А. Методы и примеры качественного исследования динамических систем на плоскости, М.: Наука, 1990. –
- Тамура И. Топология слоений, М.: Мир, 1979, - 317 с.
- Лефшец С. Геометрическая теория дифференциальных уравнений. – М.: ИЛ, 1960.
- 
- Рейссиг Р., Сансоне Г., Конти Р. Качественная теория нелинейных дифференциальных уравнений, М.: Наука, 1974. – 304 с.
- Каток А. Б., Хасселблат Б. Введение в теорию динамических систем с обзором последних достижений. – М.: МЦНМО, 2005. – 464 с.
- Нитецки З. Введение в дифференциальную динамику. – М.: Мир, 1975. -
- Халмош П.Р. Лекции по эргодической теории. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. - 132 с.
- Арнольд В.И., Авец А. Эргодические проблемы классической механики. - Ижевск: Ижевская республиканская типография, 1999. - 284 с.
- Корнфельд И.П., Синай Я.Г., Фомин С.В. Эргодическая теория. - М.: Наука, 1981. - 384 с.
- Динамические системы -2/ Современные проблемы математики.Фундаментальные направления. - М.: ВИНТИ. - 1985.
- Мартин Н., Инглэнд Дж. Математическая теория энтропии. - М.: Мир, 1988. - 350 с.
- Синай Я.Г. Современные проблемы эргодической теории. - М.: Физматлит., 1995. - 208 с. - (Современные проблемы математики; вып. 31).Агарков А.П. Экономика и управление на предприятии / А.П. Агарков [и др.]. – М.: Дашков и Ко, 2021. – 400 с.
- Дифференциальные уравнения, учебник, под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко, 2-е изд., 348 с., Агафонов, С. А., Герман, А. Д., Муратова, Т. В., 2000

### б) дополнительная литература:

- Арнольд В. И. Математические методы классической механики. – М.: Наука, 1989.
- Дубровин Б. А., Новиков С. П., Фоменко А. Т. Современная геометрия: Методы и приложения.- 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1986. – 760 с.
- Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. - М.: Наука, 1989. - 624 с.
- Гельфанд И. М. Лекции по линейной алгебре. – 5-е изд., исправленное. – М.: Добросовет, МЦНМО, 1998. – 320.
- Прасолов В. В. Задачи и теоремы линейной алгебры. – М.: Наука. Физматлит., 1996. – 304 с.
- Халмош П.Р. Теория меры. - М.: ИЛ, 1953. - 281 с.

- Брюно А. Д. Локальные методы нелинейного анализа дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1979. – 321 с.
- Дюлак Г. О предельных циклах, М.: Наука, 1980. – 156 с.
- Аносов Д. В. Геодезические потоки на замкнутых римановых многообразиях отрицательной кривизны. В кн.: Труды МИАН, Т. 90, М.: Наука, 1967.
- Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. – М.: Мир, 1991. – 432 с.
- Сб. статей. Странные аттракторы. – М.: Мир, 1981.
- Арансон С. Х., Гринес В. З. Топологическая классификация потоков на замкнутых двумерных многообразиях, УМН, Т. 41, вып.1 (1986) 149-169.
- Смейл С. Дифференцируемые динамические системы, УМН, Т.25, вып.1 (1970) 113-185.
- Яглом А.М., Яглом И.М. Вероятность и информация. - М.:Наука, 1973. - 511 с.

### 13. Перечень информационных технологий

а) 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);
- 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>

### 13. Перечень информационных технологий

а) 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);
- 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.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

## **15. Информация о разработчиках**

Капарулин Дмитрий Сергеевич, к.ф.-м.н., без ученого звания, доцент физического факультета ТГУ.