

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

Асимптотические методы

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная 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 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 асимптотических методов для дифференциальных уравнений с частными производными применительно к задачам теоретической физики.

– Научиться применять понятийный аппарат квазиклассических асимптотик и других приближенных методов для исследования теоретико-полевых моделей и решения практических задач профессиональной деятельности

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 2, зачет.

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, Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Дифференциальные уравнения, Методы математической физики, Нелинейные уравнения математической физики, Дифференциальная геометрия и топология, Функциональный анализ, Квантовая механика, Классическая механика.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лекции: 16 ч.;

в том числе практическая подготовка: 8 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Простейшие асимптотические оценки. Асимптотические ряды.

Краткое содержание темы.

Понятие об асимптотических разложениях. Асимптотический ряд и его сходимость. Оценки невязки. Интеграл от функции, регулярно зависящей от параметра. Области сингулярности. Построение асимптотических оценок интегралов, зависящих от параметра в одномерном и двумерном случаях.

Тема 2. Уравнение Гамильтона-Якоби.

Краткое содержание темы.

Вид квазиклассического решения задачи Коши. Асимптотические оценки. Главный член квазиклассической асимптотики и уравнения Гамильтона-Якоби.

Тема 3. Построение квазиклассических асимптотик нестационарного одномерного уравнения Шрёдингера.

Краткое содержание темы.

Нестационарное одномерное уравнение Шрёдингера. Вид одномерного квазиклассического решения. Решение системы Гамильтона и уравнения Гамильтона-Якоби. Построение асимптотического решения.

Тема 4. Квазиклассическая асимптотика для стационарного одномерного уравнения Шрёдингера.

Краткое содержание темы.

Стационарное одномерное уравнение Шрёдингера. Вид квазиклассической асимптотики. Разложение по асимптотическому параметру. Существование гладкого решения. Решения системы Гамильтона. Решения в x - и p -представлениях. Критические точки и асимптотические решения.

Тема 5. Квазиклассическая асимптотика уравнения Шрёдингера.

Краткое содержание темы.

Класс траекторно-сосредоточенных функций. Оценки операторов. Асимптотическое разложение и предельные соотношения. Квазиклассические решения. Решения с комплексной фазой.

Тема 7. Квазиклассическое приближение для нелинейного уравнения Шрёдингера.

Краткое содержание темы.

Нелинейное уравнение Шрёдингера в квазиклассическом приближении. Квазиклассический анзац. Оценки и предельные соотношения. Система Гамильтона для средних. Асимптотические разложения. Главный член асимптотики. Построение семейства частных асимптотических решений для одномерного нелинейного уравнения Шрёдингера. Решения солитонного типа.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине осуществляется путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу 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 во втором семестре проводится в устной форме по билетам.

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=24578>

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

в) План практических заданий по дисциплине.

1. Асимптотические разложения, примеры. Свойства асимптотических рядов. Главный член асимптотического ряда.
2. Метод стационарной фазы, одномерный случай. Примеры применения метода стационарной фазы.
3. Уравнения с малым параметром при производных. Уравнение Гамильтона-Якоби. Квазиклассическое приближение. Главный член квазиклассической асимптотики и уравнения Гамильтона-Якоби.
4. Квазиклассическое приближение для нестационарного одномерного уравнения Шредингера. Система Гамильтона и уравнение Гамильтона-Якоби.
5. Траекторно-сосредоточенные функции и асимптотические решения уравнения Шредингера. Оценки операторов. Примеры получения системы Гамильтона для средних.
6. Нелинейное одномерное уравнение Шредингера в квазиклассическом приближении. Квазиклассический анзац. Оценки и предельные соотношения. Примеры системы Гамильтона-Эренфеста для первых моментов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

А. Учебники.

- Bender C. M. Advanced mathematical methods for scientists and engineers I: Asymptotic methods and perturbation theory/ C.M. Bender, S.A. Orszag. —N.Y.: Springer Science & Business Media, 2013.
- Skorokhod A.V. Asymptotic methods in the theory of stochastic differential equations. Vol. 78. — N.Y.: American Mathematical Soc., 2009.
- Багров В.Г. Методы математической физики. Асимптотические методы в релятивистской квантовой механике/ В.Г. Багров, В.В. Белов, А.Ю. Трифонов. — Томск: Изд-во ТПУ, 2006. — 230 с.
- Багров В.Г. Элементы современной математической физики/В.Г. Багров, В.В. Белов, В.Н. Задорожный, А.Ю. Трифонов. — Томск: Изд-во ТПУ, 2005. — 165 с.
- Багров В.Г. Методы математической физики. Т.1. Основы комплексного анализа. Элементы вариационного исчисления и теории обобщенных функций/ В.Г. Багров, В.В. Белов, В.Н. Задорожный, А.Ю. Трифонов. — Томск: Изд-во ТТЛ, 2002.— 672 с.
- Владимиров В.С. Уравнения математической физики. — М.: Наука, 1971, 1976, 1981, 1988 гг. — 512 с.
- Маслов В.П. Асимптотические методы и теория возмущения. — М.: Наука, 1988. — 312 с.
- Маслов В.П. Комплексный метод ВКБ в нелинейных уравнениях. — М.: Наука, 1977. — 384 с.
- Маслов В.П. Квазиклассическое приближение для уравнений квантовой механики/ В.П. Маслов, М.В. Федорюк. — М.: Наука, 1976.— 296 с.

Б. Задачники и руководства по решению задач.

- Белов В.В., Воробьев Е.М. Сборник задач по дополнительным главам математической физики/ В.В. Белов, Е.М. Воробьев. — М.: Высшая школа, 1976. — 272 с.
- Владимиров В.С. Сборник задач по уравнениям математической физики. — М. Наука, 1974, 1982 гг. — 271 с.

б) дополнительная литература:

- Бабич В.М. Асимптотические методы в задачах дифракции коротких волн/ В.М. Бабич, В.С. Булдырев. – М.: Наука, 1972 . – 456 с.
- Федорюк М.В. Асимптотические методы для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1977 – 368 с

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

– Журнал «Эксперт» – <http://www.expert.ru>

открытые публикации

Ресурс Wolfram Mathematica: Differential Equation Symmetry. – URL

<https://mathworld.wolfram.com/DifferentialEquationSymmetry.html>

<http://gigabaza.ru/doc/143737.html>

<http://www.ipmnet.ru/~esina/seminar.html>

<http://bueler.github.io/M611F05/M611SyllF05.htm>

<http://ashutoshmehra.net/blog/2009/05/asymptotic-methods-in-analysis/> Prof. N.G. de Bruijn's book Asymptotic Methods in Analysis

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 OneNote, 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.

Аудитории, оборудованные соответствующей техникой (в том числе «Актру»), для реализации учебного процесса в смешанном формате.

15. Информация о разработчиках

Шаповалов Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики ФФ НИ ТГУ.