

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

Квантовая механика

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

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

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.Н. Филимонов

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

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:

ИОПК 1.1 Знает основные законы, модели и методы исследования физических процессов и явлений

ИОПК 2.1 Выбирает адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области, планирует проведение научных исследований

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

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить понятийный аппарат и методы нерелятивистской квантовой теории.

– Научиться применять понятийный аппарат и методы квантовой механики для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Пятый семестр, зачет

Шестой семестр, экзамен

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: дифференциальное и интегральное исчисление, линейная алгебра, теория обыкновенных дифференциальных уравнений, математическая физика.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 часов, из которых:

-лекции: 96 ч.

-практические занятия: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Математические основы квантовой механики

Краткое содержание темы.

Определение гильбертова пространства. Обозначения Дирака. Функционалы. Понятие оператора. Ядро линейного оператора. Алгебра операторов. Самосопряженные операторы. Унитарные и положительные операторы. Проекционные операторы. Собственные вектора и собственные значения операторов. Теория представлений. След оператора.

Тема 2. Физические величины и операторы

Краткое содержание темы.

Правила сопоставления фон Неймана. Квантовые скобки Пуассона. Перестановочные соотношения Гейзенберга. Полный набор физических величин в координатном представлении. Построение физических величин имеющих классический аналог. Правило сопоставления Вейля.

Тема 3. Состояния в квантовой механике

Краткое содержание темы.

Состояния классических и квантовых систем. Эффект вмешательства. Принцип соответствия. Квантовые ансамбли. Статистический оператор и его свойства. Чистые и смешанные состояния. Квантовая логика, доказательство теоремы о скрытых параметрах. Соотношения неопределенности Гейзенберга. Статистическое толкование волновой функции.

Тема 4. Одномерные квантовые системы

Краткое содержание темы.

Уравнение Шредингера и Гейзенберга. Интегралы движения. Теорема Эренфеста. Волновой пакет. Одномерные квантовые системы. Соотношение неопределенности энергия-время. Одномерная задача рассеяния. Туннельный эффект. Квантовый гармонический осциллятор. Состояния гармонического осциллятора в координатном представлении.

Тема 5. Угловой момент в квантовой механике.

Краткое содержание темы.

Классический угловой момент. Спектр операторов углового момента и их матричные элементы. Классический угловой момент в координатном представлении.

Тема 6. Задача двух тел

Краткое содержание темы.

Частица в центральном поле. Задача двух тел в квантовой механике. Атом водорода. Квантование энергии для атома водорода. Уровни энергии атома водорода.

Тема 7. Спин

Краткое содержание темы.

Спин электрона. Магнитный момент. Постулаты теории Паули. Описание частицы спина $\frac{1}{2}$. Сложение угловых моментов.

Тема 8. Приближенные методы

Краткое содержание темы.

Квазиклассическое приближение. Стационарная теория возмущений. Возмущение невырожденного уровня. Возмущение вырожденного уровня. Нестационарная теория возмущений. Эффект Зеемана.

Тема 9. Теория измерений

Краткое содержание темы.

Постулаты квантовой механики. Селективное и неселективное измерение. Измерение без взаимодействия. Квантовый эффект Зенона. Теорема Халфина. Запутанные состояния. Зацепленные состояния при селективном и неселективном измерении. Теорема о невозможности клонирования квантового состояния. Интерпретации квантовой механики.

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 в 5 семестре проводится в письменной форме по экзаменационным билетам. Продолжительность зачета 1 час.

Экзамен в 6 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=2884>

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

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

1. Волновые функции и вычисление средних значений.
2. Действия с операторами.
3. Уравнение Шредингера и состояние квантовой частицы в потенциальной яме.
4. Потенциальная яма конечной глубины.
5. Потенциальный барьер конечной глубины.
6. Туннельный эффект.
7. Гармонический осциллятор.
8. Угловой момент.
9. Описание спина. Сложение угловых моментов.
9. Стационарная теория возмущений, невырожденный случай.
10. Стационарная теория возмущений, вырожденный случай.
11. Эффект Зеемана.
12. Квазиклассическое приближение.
13. Частичный след матрицы плотности

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Коэн-Таннуджи К., Диу Б., Лалоз Ф. Квантовая механика. В 2-х томах. Пер. с фр. Т.1-2. Изд. 2, испр. и доп., 2015. – 1632 с.
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. Изд.8., 2015. – 672 с.
3. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике: Т.8,9: Квантовая механика. Пер. с англ. Т.8,9. Изд.8. 2014. 528 с..
4. Блохинцев Д.И. Принципиальные вопросы квантовой механики. Изд.3. 2015. 152 с..
5. Давыдов А. Квантовая механика. 3 изд. — СПб. : БХВ-Петербург, 2011 г. — 704 с.

б) дополнительная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М.: Наука, 1989.
2. Мессиа А. Квантовая механика. Т.1. М.: Наука, 1978; Т.2. М.: Наука, 1979.
3. Елютин П.В., Кривченков В.Д. Квантовая механика. М. : Физматлит, 2001. - 304 с

4. Флюгге З. Задачи по квантовой механике. Т.1; Т.2. М.: Мир, 1974.
5. Галицкий В.М., Карнаков Б.М. Задачи по квантовой механике. М.: Наука, 1992.
7. Бом Д. Квантовая теория. М.: Наука, 1965.
9. Боум А. Квантовая механика. М.: Мир, 1990.
10. Дирак П. Принципы квантовой механики. М.: Наука, 1979.

в) ресурсы сети Интернет:

Как понимать квантовую механику - МФТИ

<https://mipt.ru/students/organization/mezhpr/biblio/q-ivanov/quant-1-0.pdf>

Квантовая механика. Теоретический минимум

https://vk.com/doc91393228_382032921?hash=b31f9cda16d24712d5&dl=ecdfaac50c949a692b

Квантовая физика

www.ilt.kharkov.ua/bvi/ogurtsov/lect7quant.pdf

Об интерпретации квантовой механики

https://www.ufn.ru/ufn57/ufn57_8/Russian/r578f.pdf

Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов

https://ufn.ru/ufn01/ufn01_4/Russian/r014_reply.pdf

Квантовая механика как полная физическая теория

http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=tmf&paperid=372&option_lang=rus

Необходимые и достаточные постулаты квантовой механики

<http://www.ams.org/mathscinet-getitem?mr=2165904>

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); системы компьютерной верстки LaTeX;

– 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

Бреев Александр Игоревич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической физики ФФ НИ ТГУ.