

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной
работе

 Лейфа А.В. Лейфа

13 мая 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ»

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) образовательной программы – Физика

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2024

Форма обучения – Очная

Курс 3 Семестр 5

Экзамен 5 сем

Общая трудоемкость дисциплины 144.0 (академ. час), 4.00 (з.е)

Составитель О.В. Зотова, доцент, канд. физ.-мат. наук

Институт компьютерных и инженерных наук

Кафедра физики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.20 № 891

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

01.02.2024 г. , протокол № 6

Заведующий кафедрой Стукова Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

13 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

13 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Стукова Е.В. Стукова

13 мая 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

13 мая 2024 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

Получение представления о современной физической теории как обобщении наблюдений, практического опыта и эксперимента, об особенностях поведения и описания движения объектов микромира и о границах применимости квантовой механики.

Задачи дисциплины:

- сформировать понятийно-терминологическую базу квантово-механического описания движения материальных объектов;
- изучить основные законы квантовой теории;
- овладеть методами и приемами решения задач в указанной предметной области.

2. МЕСТО УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Квантовая теория» входит в модуль «Теоретическая физика» обязательной части учебного плана. Для освоения дисциплины студентам необходимы знания и умения, приобретенные в результате изучения дисциплины «Общая физика» (разделы «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм»), а также высокий уровень математической подготовки, обеспечиваемый изучением дисциплин модуля «Математика».

Данный курс является основой для дальнейшего изучения дисциплин: «Общая физика» (разделы «Атомная физика» и «Физика атомного ядра и элементарных частиц»), «Физика твердого тела», «Физические основы оптоэлектроники» и других дисциплин специальной подготовки.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

| Код и наименование общепрофессиональной компетенции | Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции |
|--|--|
| ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности | ИД-1 _{опк-1} Знает основные понятия и законы физики и других естественных наук, методы математического анализа, алгебры и геометрии. ИД-2 _{опк-1} Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и естественнонаучных знаний, методов научного анализа и моделирования. ИД-3 _{опк-1} Владеет навыками теоретических и экспериментальных исследований в сфере профессиональной деятельности. |

4. СТРУКТУРА УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Общая трудоемкость учебного предмета составляет 4.00 зачетных единицы, 144.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) учебного предмета, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | 5 | 6 | 7 |
|---|--|---|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|---|---|
| | | | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 4.4 | 4.5 | 4.6 | 4.7 | 4.8 | 4.9 | | | |
| 1 | Введение | 5 | 2 | | | | | | | | | | 1 | Тест. Коллоквиум. |
| 2 | 1. Экспериментальные основы квантовой механики | 5 | 6 | | 6 | | | | | | | | 4 | Тест. Коллоквиум. Индивидуальное домашнее задание №1. |
| 3 | 2. Волновая механика. Уравнение Шрёдингера и физический смысл его решений для одномерного движения | 5 | 14 | | 8 | | | | | | | | 6 | Индивидуальное домашнее задание №2. Коллоквиум. Контрольная работа. |
| 4 | 3. Математический аппарат квантовой механики Шрёдингера | 5 | 12 | | 8 | | | | | | | | 4 | Индивидуальное домашнее задание №3. Коллоквиум. Контрольная работа. |
| 5 | 4. Движение частицы в поле центральных сил | 5 | 12 | | 8 | | | | | | | | 4 | Письменный опрос. |
| 6 | 5. Приближенные методы решения задач квантовой механики | 5 | 6 | | 4 | | | | | | | | 3 | Письменный опрос. |
| 7 | Экзамен | 5 | | | | | | | | | 0.3 | 35.7 | | |
| | Итого | | 52.0 | | 34.0 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 35.7 | 22.0 | | |

5. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

5.1. Лекции

| № п/п | Наименование темы (раздела) | Содержание темы (раздела) |
|-------|--|---|
| 1 | Введение | Значимость и задачи изучения квантовой теории. Место квантовой физики в современной научной картине мира. Особенности изучения квантовой теории. |
| 2 | 1. Экспериментальные основы квантовой механики | Проблемы классической физики конца 19-го века. Экспериментальные предпосылки квантовой механики. Теория Планка. Корпускулярно-волновой дуализм света. Фотоны. Опыты Вавилова и Брумберга. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах частиц. Свойства волн де Бройля. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля: опыты Дэвиссона и Джермера; опыты Томсона и Тартаковского (методы Лауэ и Дебая-Шеррера). Волновой пакет и частица. Статистическое толкование волн де Бройля (опыт Бибермана □ Сушкина □ Фабриканта) Волновая функция и ее свойства. Принцип суперпозиции состояний. Соотношение неопределенностей и принцип дополнительности. Квантовые измерения и роль измерительного прибора. Статистические ансамбли квантовой механики. Чистые и смешанные состояния. |
| 3 | 2. Волновая механика. Уравнение Шрёдингера и физический смысл его решений для одномерного движения | Основное уравнение нерелятивистской квантовой механики – уравнение Шредингера. Плотность потока вероятности. Уравнение Шредингера для стационарных состояний и его применение к решению задач квантовой механики. Движение свободной частицы. Частица в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Движение частицы в области потенциального порога и потенциального барьера. Туннельный эффект. Метод ВКБ. Квантовый линейный гармонический осциллятор. Энергия осциллятора. Главное квантовое число. Узлы волновых функций осциллятора. Нулевая энергия осциллятора. Нормальное и возбужденные состояния осциллятора. |
| 4 | 3. Математический аппарат квантовой механики Шрёдингера | Операторы физических величин. Правила фон Неймана построения операторов физических величин: координаты, импульса, момента импульса, полной энергии. Гамильтониан. Уравнение Шрёдингера в операторной форме. Свойства собственных функций и собственных значений линейного эрмитова оператора. Оператор с непрерывным спектром собственных значений. Коммутатор операторов, совместная измеримость физических величин. Средние значения и отдельные измерения, квадратичная дисперсия. Дифференцирование операторов по |

| | | |
|---|---|---|
| | | времени. Квантовые уравнения движения. Теорема Эренфеста. Симметрия и законы сохранения. Закон сохранения четности в квантовой механике. |
| 5 | 4. Движение частицы в поле центральных сил | Общая теория движения в центральном поле, разделение переменных, радиальное уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для радиальной волновой функции. Момент импульса и его квантование. Кулоновское поле, полное решение задачи о движении электрона в водородоподобном атоме. Набор квантовых чисел. Полиномы Лагерра. Энергетические уровни. Вырождение. |
| 6 | 5. Приближенные методы решения задач квантовой механики | Стационарная теория возмущений. Теория возмущений при наличии вырождения. Теория возмущений для нестационарных задач. Вероятность квантовых переходов под действием возмущения. |

5.2. Практические занятия

| Наименование темы | Содержание темы |
|---|--|
| 1. Экспериментальные основы квантовой механики | Решения задач: Волны де Бройля релятивистских и нерелятивистских частиц. Дифракция частиц. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция, условие нормировки. |
| 2. Волновая механика. Уравнение Шрёдингера и физический смысл его решений для одномерного движения. | Решения задач: Энергетический спектр частицы в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Вероятность нахождения частицы в различных частях ямы. Вероятность отражения частицы от потенциального порога и барьера. Туннельный эффект. Коэффициент прозрачности потенциального барьера. Квантовый линейный гармонический осциллятор. Нормальное и возбужденные состояния осциллятора. |
| 3. Математический аппарат квантовой механики Шрёдингера | Решения задач: Собственные функции и собственные значения операторов. Вычисление коммутаторов операторов физических величин. Средние значения динамических переменных, среднеквадратичное отклонение и дисперсия. |
| 4. Движение частицы в поле центральных сил | Решения задач: Движение в центрально-симметричном поле. Задача Кеплера. Энергетический спектр и радиальная волновая функция частицы. Квантовые числа n и l . Средние значения координаты, импульса, момента импульса и энергии частицы в различных энергетических состояниях. |
| 5. Приближенные методы решения задач квантовой механики | Решения задач: Стационарная теория возмущений. Поправки первого и второго порядка к энергиям стационарных состояний. Теория возмущений для нестационарных задач. Вероятность квантовых переходов под действием возмущения. |

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | Наименование темы (раздела) | Содержание темы (раздела) | Трудоемкость в академических часах |
|-------|--|---|------------------------------------|
| 1 | Введение | Подготовка к коллоквиуму. Коллоквиум проводится на 10-11 уч. неделе семестра. На коллоквиум выносятся вопросы изученных ранее тем. Коллоквиум показывает степень освоения студентом теоретического материала дисциплины и готовность студента к экзамену. Результаты коллоквиума учитываются при выставлении оценки за семестр на экзамене. | 1 |
| 2 | 1. Экспериментальные основы квантовой механики | Подготовка к практическим занятиям. При подготовке к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал по заданной теме (за основу берутся лекции), выполнить домашнее задание (решение задач). Письменные опросы проводятся по отдельным темам, проверяется знание понятийного аппарата, основных законов и формул. Подготовка к коллоквиуму. Коллоквиум проводится на 10-11 уч. неделе семестра. На коллоквиум выносятся вопросы изученных ранее тем. Коллоквиум показывает степень освоения студентом теоретического материала дисциплины и готовность студента к экзамену. Результаты коллоквиума учитываются при выставлении оценки за семестр на экзамене. Подготовка к экзамену. Подготовка осуществляется в соответствии с вопросами, выносимыми на экзамен | 4 |
| 3 | 2. Волновая механика. Уравнение Шрёдингера и физический смысл его решений для одномерного движения | Подготовка к практическим занятиям. При подготовке к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал по заданной теме (за основу берутся лекции), выполнить домашнее задание (решение задач). Письменные опросы проводятся по отдельным темам, проверяется знание понятийного аппарата, основных законов и формул. Подготовка к контрольной работе состоит в повторении теоретических основ соответствующих тем и разбору, решенных на занятиях (и в учебных пособиях), задач. Темы <input type="checkbox"/> в соответствии | 6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | <p>с таблицей практических занятий.</p> <p>Подготовка к коллоквиуму. Коллоквиум проводится на 10-11 уч. неделе семестра. На коллоквиум выносятся вопросы изученных ранее тем. Коллоквиум показывает степень освоения студентом теоретического материала дисциплины и готовность студента к экзамену. Результаты коллоквиума учитываются при выставлении оценки за семестр на экзамене.</p> <p>Выполнение индивидуального домашнего задания. ИДЗ представляет собой набор задач по указанным темам, численные данные к которым выбираются в соответствии с вариантом. Темы - в соответствии с таблицей практических занятий. Все задания выполняются студентом в часы, отведенные на самостоятельную работу, опираясь на изученный теоретический материал, изложенный в лекционном курсе, и проработанный на практических аудиторных занятиях. Индивидуальное задание сдается на проверку по частям (по мере изучения соответствующих разделов) в течение семестра. Незначительные задачи индивидуального задания должны быть выполнены заново и представлены на повторную проверку вместе с первоначальной работой и замечаниями преподавателя. На исправление замечаний отводится недельный срок со дня их выдачи после первой проверки.</p> <p>Подготовка к экзамену. Подготовка осуществляется в соответствии с вопросами, выносимыми на экзамен</p> | |
| 4 | 3. Математический аппарат квантовой механики Шрёдингера | <p>Подготовка к практическим занятиям. При подготовке к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал по заданной теме (за основу берутся лекции), выполнить домашнее задание (решение задач). Письменные опросы проводятся по отдельным темам, проверяется знание понятийного аппарата, основных законов и формул.</p> <p>Подготовка к контрольной работе состоит в повторении теоретических основ соответствующих тем и разбору, решенных на занятиях (и в учебных пособиях), задач. Темы \square в соответствии с таблицей практических занятий.</p> | 4 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | <p>Подготовка к коллоквиуму. Коллоквиум проводится на 10-11 уч. неделе семестра. На коллоквиум выносятся вопросы изученных ранее тем. Коллоквиум показывает степень освоения студентом теоретического материала дисциплины и готовность студента к экзамену. Результаты коллоквиума учитываются при выставлении оценки за семестр на экзамене.</p> <p>Выполнение индивидуального домашнего задания. ИДЗ представляет собой набор задач по указанным темам, численные данные к которым выбираются в соответствии с вариантом. Темы - в соответствии с таблицей практических занятий. Все задания выполняются студентом в часы, отведенные на самостоятельную работу, опираясь на изученный теоретический материал, изложенный в лекционном курсе, и проработанный на практических аудиторных занятиях. Индивидуальное задание сдается на проверку по частям (по мере изучения соответствующих разделов) в течение семестра. Незначительные задачи индивидуального задания должны быть выполнены заново и представлены на повторную проверку вместе с первоначальной работой и замечаниями преподавателя. На исправление замечаний отводится недельный срок со дня их выдачи после первой проверки.</p> <p>Подготовка к экзамену. Подготовка осуществляется в соответствии с вопросами, выносимыми на экзамен</p> | |
| 5 | 4. Движение частицы в поле центральных сил | <p>Подготовка к практическим занятиям. При подготовке к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал по заданной теме (за основу берутся лекции), выполнить домашнее задание (решение задач). Письменные опросы проводятся по отдельным темам, проверяется знание понятийного аппарата, основных законов и формул.</p> <p>Подготовка к экзамену. Подготовка осуществляется в соответствии с вопросами, выносимыми на экзамен</p> | 4 |
| 6 | 5. Приближенные методы решения задач квантовой механики | <p>Подготовка к практическим занятиям. При подготовке к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал по заданной теме</p> | 3 |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | (за основу берутся лекции), выполнить домашнее задание (решение задач). Письменные опросы проводятся по отдельным темам, проверяется знание понятийного аппарата, основных законов и формул. Подготовка к экзамену. Подготовка осуществляется в соответствии с вопросами, выносимыми на экзамен | |
|--|--|---|--|

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской. Чтение лекций сопровождается презентациями. В рамках изучения некоторых тем предусмотрен просмотр учебных фильмов.

При изучении дисциплины практические занятия организуются в виде семинаров-бесед. Преподаватель задает аудитории вопросы, отвечают желающие, а преподаватель комментирует, таким образом преподаватель совместно со студентами обсуждает особенности построения алгоритма решения данного класса задач, а так же подходы к решению каждой конкретной задачи. Студенты самостоятельно реализуют разработанный алгоритм, после чего обсуждаются полученные результаты. На каждом занятии рассматривается несколько задач или примеров в рамках обозначенной темы, часть из которых решается с подробным обсуждением, остальные задачи студенты выполняют самостоятельно (домашние задания). Так же на практических занятиях осуществляется текущий контроль знаний студентов по отдельным разделам и темам в виде тестирования, письменных опросов или проверки домашних заданий (фронтально или выборочно).

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Квантовая теория».

Примерные вопросы к экзамену

1. Проблемы классической физики конца 19 века. Возникновения квантовой теории. Место квантовой теории в современной научной картине мира.
2. Предпосылки возникновения квантовой теории. Теория Планка. Энергия и импульс световых квантов.
3. Корпускулярно-волновой дуализм частиц. Гипотеза де Бройля. Свойства волн де Бройля. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля (К. Дэвиссона и Л. Джермера).
4. Опыты Томсона и Тартаковского.
5. Интерпретация волн де Бройля. Фазовая и групповая скорости. Волновой пакет.
6. Эксперимент Бибермана – Сушкина – Фабриканта. Статистическое истолкование волн де Бройля.
7. Волновая функция и ее свойства.
8. Принцип суперпозиций состояний. Линейность принципа суперпозиции
9. Соотношения неопределенностей и принцип дополнительности. Причины несостоятельности классического подхода в микромире.
10. Квантовые измерения и роль измерительного прибора. Статистические ансамбли в квантовой механике. Чистые и смешанные состояния. Когерентные и сжатые состояния.
11. Операторы и их свойства. Алгебра операторов.
12. Эрмитово сопряжение операторов. Собственные значения и собственные

функции операторов. Спектр собственных значений квантовомеханических операторов.

13. Операторы физических величин: координаты, импульса и квадрата импульса.

14. Операторы энергий (полной, потенциальной и кинетической). Уравнение Шредингера в операторной форме.

15. Операторы момента импульса и его проекций в декартовых и сферических координатах. Оператор квадрата момента импульса.

16. Понятие о среднем значении измеряемой физической величины в квантовой механике. Дисперсия и среднеквадратичное отклонение.

17. Коммутатор операторов. Совместная измеримость физических величин.

18. Дифференцирование операторов по времени.

19. Оператор производной по времени от физической величины. Квантовые уравнения движения.

20. Симметрия и законы сохранения. Однородность времени. Закон сохранения энергии.

21. Закон сохранения импульса как следствие однородности пространства.

22. Операция инверсии и четность волновой функции. Закон сохранения чётности и его нарушения.

23. Общее (временное) уравнение Шредингера. Вывод уравнение Шредингера для стационарных состояний.

24. Решение задачи о движении свободной частицы.

25. Решение задачи о частице в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками.

26. Понятие о векторе плотности потока вероятности. Уравнение непрерывности.

27. Движение частицы в области потенциального порога (случай высокого порога).

28. Движение частицы в области потенциального порога (случай низкого порога).

29. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.

30. Движение частицы над потенциальным барьером.

31. Квантовый гармонический осциллятор. Энергия осциллятора. Главное квантовое число. Нулевая энергия осциллятора.

32. Узлы волновых функций осциллятора. Нормальные и возбужденные состояния осциллятора.

33. Общая теория движения в центральном поле, разделение переменных. Уравнение Шредингера для радиальной волновой функции.

34. Момент импульса и его квантование.

35. Кулоновское поле. Полное решение задачи о движении электрона в водородоподобном атоме. Набор квантовых чисел. Полиномы Лагерра. Энергетические уровни. Вырождение.

36. Стационарная теория возмущений.

37. Теория возмущений при наличии вырождения.

38. Теория возбуждений для нестационарных задач. Вероятность квантовых переходов под действием возмущения.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

а) литература

1. Магазинников, А. Л. Введение в квантовую механику : учебное пособие / А. Л. Магазинников, В. А. Мухачев. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 112 с. — ISBN 978-5-4332-0046-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/13860.html> (дата обращения: 24.04.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Ташлыкова-Бушкевич, И. И. Физика. Часть 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества : учебник / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. — Минск :

Высшая школа, 2014. — 232 с. — ISBN 978-985-06-2506-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/35563.html> (дата обращения: 24.04.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Евсина, Е. М. Оптика. Основы квантовой и ядерной физики : учебно-методическое пособие для лабораторных работ по физике / Е. М. Евсина, В. В. Соболева. — Астрахань : Астраханский инженерно-строительный институт, ЭБС АСВ, 2011. — 107 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/17059.html> (дата обращения: 24.04.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Ведринский, Р. В. Квантовая механика : учебник / Р. В. Ведринский. — Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2009. — 384 с. — ISBN 978-5-9275-0706-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/46976.html> (дата обращения: 24.04.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Зотова, О.В. Квантовая теория [Электронный ресурс]: сборник учебно-методических материалов по дисциплине/ О.В. Зотова. АмГУ, - Благовещенск: Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. Режим доступа http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9946.pdf

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

| № | Наименование | Описание |
|---|---|---|
| 1 | http://www.iprbookshop.ru | Электронно- библиотечная система IPRbooks — научно- образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования. |
| 2 | http://e.lanbook.com | Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия |
| 3 | https://elibrary.ru/ | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно- аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования |

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| № | Наименование | Описание |
|---|---|--|
| 1 | http://dxdy.ru/fizika-f2.html | Научный форум. Физика, Математика, Химия, Механика и Техника. Обсуждение теоретических вопросов, входящих в стандартные учебные курсы. Дискуссионные темы физики: попытки опровержения классических теорий и т.п. Обсуждение нетривиальных и нестандартных учебных задач. Полезные ресурсы сети, содержащие материалы по физике. |
| 2 | http://www.mavicanet.ru/ | MavicaNET - Многоязычный Поисковый Каталог. Теоретическая физика. Институты, лаборатории и др. организации, занимающиеся исследованиями в области теоретической физики. Может содержать все существующие подкатегории раздела физика, если |

| | | |
|---|---|--|
| | | источник связан с теоретическими исследованиями. |
| 3 | https://www.runnet.ru | RUNNet (Russian UNiversity Network) - крупнейшая в России научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обладающая протяженной высокоскоростной магистраль-ной инфраструктурой и международными каналами, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (National Research and Education Networks, NREN) и с Интернет. |
| 4 | https://uisrussia.msu.ru/ | Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) |
| 5 | https://minobrnauki.gov.ru/ | Министерство науки и высшего образования Российской Федерации |

10. МАТЕРИАЛЬНО- ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Занятия по дисциплине «Квантовая теория» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно- библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду университета

На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе процессора Intel Pentium, проектор.