



НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

(ДВФУ)

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП ДТФИТ

(подпись)

Нефедев К.Е.

(ФИО)

И.о. зам. директора по учебной и

воспитательной работе ИНТПМ



(подпись)

Красицкая С.Г.

(ФИО.)

«21» января 2022 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Квантовая механика**

**Программа бакалавриата**

**по направлению подготовки 03.03.02 Физика,**

**профиль «Цифровые технологии в физике»**

Форма подготовки очная

Форма подготовки очная



(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий департаментом \_\_\_\_\_

(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий департаментом \_\_\_\_\_

(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: изучение физических основ и математического аппарата квантовой теории движения одной частицы и системы тождественных частиц, элементов квантовой теории рассеяния, теории молекул и химической связи.

### Задачи:

- познакомить студентов с теорией представлений, теорией канонических преобразований;
- рассмотреть простейшие применения квантовой теории (задача о гармоническом осцилляторе, задача об атоме водорода);
- сформулировать основы квантовой теории систем тождественных частиц;
- познакомить студентов с приближенными методами квантового описания систем, теорией рассеяния, методом вторичного квантования.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции:

Исследовательская деятельность	<b>ОПК-2</b> Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	<b>ОПК-2.1</b> Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов <b>ОПК-2.2</b> Выбирает конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности
--------------------------------	--	---

1. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине  
Квантовая механика

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зачётных единицы (252 академических часа).

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося				Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	СР	Контроль	
1	<b>Раздел 1. Уравнение Шредингера и механика нерелятивистской частицы</b>	6	12	18	42	12	Контрольная работа
2	<b>Раздел 2. Теория систем тождественных частиц.</b>	6	12	18	42	12	Контрольная работа
3	<b>Раздел 3. Вторичное квантование</b>	6	12	18	42	12	Контрольная работа
	Итого:		36	54	126	36	

**2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**Раздел 1. 12 часов. Уравнение Шредингера и механика нерелятивистской частицы.**

**Тема 1. 2 часа. Появление квантов в физике.**

Уравнение Шредингера и элементы теории представлений. МАО - лекция – беседа

**Тема 2. 4 часа. Простейшие применения квантовой механики.**

Задача о гармоническом осцилляторе. Движение в поле центральных сил.

**Тема 3. 2 часа. Приближенные методы решения задач квантовой механики.**

Метод теории возмущений. Метод теории возмущений при наличии вырождения. Вариационный метод. МАО - лекция – беседа

**Тема 4. 4 часа. Элементы релятивистской теории.**

Уравнение Клейна-Гордона-Фока. Уравнение Дирака. Спин. Уравнения Паули и магнетон Бора.

**Раздел 2. 12 часов. Теория систем тождественных частиц**

**Тема 1. 4 часа. Симметрия волновых функций**

Симметричные и антисимметричные функции. Задача об атоме гелия.

**Тема 2. 2 часа. Метод самосогласованного поля Хартри-Фока.**

Суть метода. Преимущества и недостатки. Система элементов Менделеева.

**Тема 3. 4 часа. Элементы теории молекул и химической связи.**

Адиабатическое приближение. Молекула водорода. Обменное взаимодействие и ковалентная связь.

**Тема 4. 2 часа. Элементы теории твердого тела.**

Электрон в периодическом поле. Понятие о зонной теории. Движение электрона в зоне проводимости.

### **Раздел 3. 12 часов. Вторичное квантование**

**Тема 1. 2 часа. Гармонический осциллятор и представление чисел заполнения.**

Квантование малых колебаний атомов в твердых телах. Фононы.

**Тема 2. 4 часа. Квантование систем, состоящих из бозонов.**

Квантование электромагнитного поля без зарядов. Вторичное квантование мезонного поля.

**Тема 3. 4 часа. Вторичное квантование систем, состоящих из фермионов.**

Представление чисел заполнения для фермионов при малых энергиях. Квантование электронно-позитронного поля.

**Тема 4. 2 часа. Подведение итогов и обсуждение программы экзамена.**

## **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

#### **1. Волновая функция. 2 часа**

Плотность вероятности. Нормировка. Ортогональность.

#### **2. Операторы физических величин. 4 часа**

Операторы импульса, момента импульса и энергии. Вычисление средних значений. Собственные функции и собственные значения операторов. Соотношение неопределенности.

#### **3. Уравнение Шредингера. 6 часов.**

Стационарные состояния. Изменение средних значений во времени. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Прямоугольная потенциальная яма. Рекуррентные соотношения для полиномов Эрмита и волновых функций. Операторы рождения и уничтожения, представление чисел заполнения.

#### **4. Теория представлений. 4 часа.**

Функции как векторы в гильбертовом пространстве. Различные представления вектора состояний и операторов. Матрицы. Унитарные преобразования.

#### **5. Приближенные методы. 2 часа.**

Задача о гармоническом осцилляторе. Вариационный метод определения нижайших энергетических уровней.

#### **6. Уравнение Дирака. 4 часа.**

Ковариантная запись уравнения. Момент количества движения. Релятивистские поправки к движению электрона в электромагнитном поле.

**7. Теория квантовых переходов под влиянием внешнего возмущения. 6 часов.**

Общее выражение для вероятности переходов. Адиабатическое и внезапное включение и выключение взаимодействия. Вероятность перехода в единицу времени. Примеры.

**8. Элементарная теория фотоэффекта. 2 часа.**

Дифференциальное эффективное сечение фотоэффекта.

**9. Системы тождественных частиц. 6 часов.**

Уравнение Шредингера и волновая функция. Симметрия. Орто и парагелий. Статистический метод Томаса – Ферми.

**10. Вторичное квантование. 6 часов.**

Фононы в трехмерном кристалле. Квазичастицы в системе взаимодействующих бозонов. Элементы теории сверхтекучести.

**11. Элементарная теория молекул и химической связи. 12 часов.**

Теория адиабатического приближения. Классификация электронных состояний молекул. Колебания ядер в молекулах. Молекулярные спектры.

**12. Общая дискуссия и подведение итогов. 6 часов.**

**5. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

Время, отведённое на самостоятельную работу, должно быть использовано обучающимся планомерно в течение семестра.

Планирование – важная черта человеческой деятельности. Для организации учебной деятельности эффективным вариантом является использование средств, напоминающих о стоящих перед вами задачах, и их последовательности выполнения. В роли таких средств могут быть ИТ-технологии (смартфоны, планшеты, компьютеры и т. п.), имеющие приложения/программы по организации распорядка дня/месяца/года и сигнализирующих о важных событиях, например, о выполнении заданий по дисциплине «Методы исследования веществ и материалов».

Регулярность – первое условие поисков более эффективных способов работы. Рекомендуется выбрать день/дни недели для регулярной подготовки по дисциплине «Квантовая механика», это позволит морально настроиться на выполнение поставленных задач, подготовиться к ним и выработать правила выполнения для них, например, сначала проработка материала лекций, чтение первоисточников, затем выделение и фиксирование основных идей. Рекомендуемое среднее время два часа на одно занятие.

**Описание последовательности действий, обучающихся при  
изучении дисциплины**

В соответствии с целями и задачами дисциплины студент изучает на занятиях и дома разделы лекционного курса, готовится к практическим занятиям, проходит контрольные точки текущей аттестации, включающие

разные формы проверки усвоения материала (собеседование, тестирование и др.).

Освоение дисциплины включает несколько составных элементов учебной деятельности:

1. Внимательное чтение рабочей программы учебной дисциплины (помогает целостно увидеть структуру изучаемых вопросов). В ней содержится перечень контрольных испытаний для всех разделов и тем, включая экзамен; указаны сроки сдачи заданий, предусмотренных учебной программой курса дисциплины «Квантовая механика».

2. Неотъемлемой составной частью освоения курса является посещение лекций и их конспектирование. Глубокому освоению лекционного материала способствует предварительная подготовка, включающая чтение предыдущей лекции, работу с учебниками.

3. Регулярная подготовка к практическим занятиям и активная работа на них, включающая:

- повторение материала лекции по теме;
- знакомство с планом занятия и списком основной и дополнительной литературы, с рекомендациями по подготовке к занятию;
- изучение научных сведений по данной теме в разных учебных пособиях;
- чтение первоисточников и предлагаемой дополнительной литературы;
- посещение консультаций с целью выяснения возникших сложных вопросов при подготовке к практическим занятиям.

4. Подготовка к экзамену (в течение семестра), повторение материала всего курса дисциплины.

### **Рекомендации по работе с литературой**

Изучение дисциплины следует начинать с проработки тематического плана лекций, уделяя особое внимание структуре и содержанию темы и основных понятий. Изучение «сложных» тем следует начинать с составления логической схемы основных понятий, категорий, связей между ними. Целесообразно прибегнуть к классификации материала, в частности при изучении тем, в которых присутствует большое количество незнакомых понятий, категорий, теорий, концепций, либо насыщенных информацией типологического характера.

При работе с литературой обязательно выписывать все выходные данные по каждому источнику. Можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц). Ищите аргументы «за» или «против» идеи автора.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически



проанализировать материал и т. п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Изучая материал по учебной книге (учебнику, учебному пособию, монографии, хрестоматии и др.), следует переходить к следующему вопросу только после полного уяснения предыдущего, фиксируя выводы, в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода. Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Надо подробно разбирать примеры, которые поясняют определения, и приводить аналогичные примеры самостоятельно. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебной книге полезно либо в тетради на специально отведенных полях, либо в документе, созданном на ноутбуке, планшете и др. информационном устройстве, дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, которые есть необходимость разобрать на консультации с преподавателем. Выводы, полученные в результате изучения учебной литературы, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы при перечитывании материала они лучше запоминались.

Используйте основные установки при чтении научного текста:

1. информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);

2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);

4. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т. п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Для работы с научными текстами применяйте следующие виды чтения:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т. п.;

2. просмотрное – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие

между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Основным для студента является изучающее чтение – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в профессиональной области.

При работе с литературой можно использовать основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

3. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	1-я неделя	Задания для самостоятельной работы к занятию 1. Изучение материала лекции, учебника, подготовка к семинару	8 часов	Собеседование (УО-1).
2.	2-3-я недели	Задания для самостоятельной работы к занятиям 2-3. Изучение материала лекции, учебника, подготовка к семинару.	16 часов	Собеседование (УО-1).
3.	4-5-ая недели	Задания для самостоятельной работы к занятиям 4-5. Изучение материала лекции, учебника, подготовка к семинару. Расшифровка ЯМР спектра вещества.	16 часов	Собеседование (УО-1), сдача коллоквиума №1 (УО-2).
4.	6-ая неделя	Задания для самостоятельной работы к занятиям 6. Изучение материала лекции, учебника, подготовка к семинару.	8 часов	Собеседование (УО-1).
5	7-8-ая недели	Задания для самостоятельной работы к лабораторной работе 7-8. Изучение материала лекции, учебника, подготовка к семинару.	16 часов	Собеседование (УО-1), реферат.
6.	9-10-ая недели	Задания для самостоятельной работы к занятиям 9-10. Изучение материала лекции, учебника, подготовка к коллоквиуму.	16 часов	Собеседование (УО-1), сдача коллоквиума (УО-2).
7.	11-16-ая недели	Задания для самостоятельной работы занятиям 11-16. Изучение материала	30 часов	Собеседование (УО-1), реферат.

		лекции, учебника, подготовка к научной дискуссии.		
--	--	---	--	--

## Структура реферата

Реферат относится к категории «*письменная работа*» и оформляется по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ.

Рефераты представляются в печатной и электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Структурно реферат, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

- *Титульный лист* – обязательная компонента реферата, первая страница (титульный лист реферата должен размещаться в общем файле, где представлен текст реферата);

- *Основная часть* – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

- *Выводы* – обязательная компонента реферата, содержит обобщающие выводы по работе;

- *Список литературы* – обязательная компонента реферата, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии).

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы - левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.);
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую сквозную нумерацию страниц работы.

### Критерии оценки защиты реферата

Изложенное понимание реферата как целостного авторского текста определяет критерии его оценки: новизна текста; обоснованность выбора источника; степень раскрытия сущности вопроса; соблюдения требований к оформлению.

**Новизна текста:** а) новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы в установлении новых связей (межпредметных, внутрипредметных, интеграционных); б) умение работать с исследованиями, критической литературой, систематизировать и структурировать материал; в) стилевое единство текста, единство жанровых черт.

**Степень раскрытия сущности вопроса:** а) соответствие плана теме реферата; б) соответствие содержания теме и плану реферата; в) полнота и глубина знаний по теме; г) обоснованность способов и методов работы с материалом; е) умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по одному вопросу.

**Обоснованность выбора источников:** а) оценка использованной литературы: привлечены ли наиболее известные работы по теме исследования (в т.ч. журнальные публикации последних лет, последние статистические данные, сводки, справки и т.д.).

**Соблюдение требований к оформлению:** а) насколько верно оформлены ссылки на используемую литературу, список литературы; б) оценка грамотности и культуры изложения (в т. ч. орфографической, пунктуационной, стилистической культуры), владение терминологией; в) соблюдение требований к объёму реферата.

## 6. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация

1.	<b>Раздел 1. Уравнение Шредингера и механика нерелятивистской частицы.</b>	ОПК-2.1 Применяет базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов	Знает базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов Умеет применять базовые методы научных исследований физических объектов, систем и процессов Владеет навыками применения базовых методов научных исследований физических объектов, систем и процессов	Собеседование (УО-1), сдача коллоквиума (УО-2), сообщение, реферат
2.	<b>Раздел 2. Теория систем тождественных частиц</b>	ОПК-2.2 Выбирает конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности	Знает, как выбираются конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности Умеет самостоятельно выбирать конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности Владеет навыками выбора конкретных методов и технологий исследования для решения задач профессиональной деятельности	Собеседование (УО-1), сдача коллоквиума (УО-2), сообщение, реферат.
3.	<b>Раздел 3. Вторичное квантование</b>	ОПК-2.2 Выбирает конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности	Знает, как выбираются конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности Умеет самостоятельно выбирать конкретные методы и технологии исследования для решения задач профессиональной деятельности Владеет навыками выбора конкретных методов и технологий исследования для решения задач профессиональной деятельности	Собеседование (УО-1), реферат, доклад.

Типовые задания и тесты для коллоквиума, собеседования, темы групповых творческих проектов, рефератов, докладов, сообщений, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература (электронные и печатные издания)**

1. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки. 6-е изд, стер. М.: Лань, 2010. - 448 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=443](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=443)
2. Давыдов А. С. Квантовая механика: учеб. пособие. 3 изд., стер. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 704 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?item=booksearch&code=квантовая%20механика#none>
3. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. 7-е изд., стер. М.: Лань, 2004. - 672 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=619](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=619)
4. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Начальные главы квантовой механики. М.: Физматлит, 2006. - 360 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2193](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2193)
5. Савельев И.В. Основы теоретической физики. В 2-х тт. Том 2. Квантовая механика. 3-е изд., М.: Лань, 2005. - 928 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=621](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=621)
6. Демидович Б.П. Математические основы квантовой механики. 2-е, стер. М.: Лань, 2005. - 200 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=604](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=604)

### **Дополнительная литература (электронные и печатные издания)**

1. Дирак П.А. Принципы квантовой механики. М. Физматгиз. 1960.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. М. Физматгиз. 1974.
3. Соколов А.А., Лоскутов Ю.М., Тернов Ю.М. Квантовая механика. М. Просвещение. 1965.
4. О.Д.Тимофеевская, О.А.Хрусталева Лекции по квантовой механике М. РХД. 2007.
5. Боум А. Квантовая механика, основы и приложения. М. Мир. 1990.
6. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике, М.1981.
7. Флюгге З. Задачи по квантовой механике, Т 1,2. М. 1974.
8. Коган В.И., Галицкий В.М. Сборник задач по квантовой механике. М. Гостехиздат, 1956.
9. Гольдман И.И., Кривченков В.Д. Сборник задач по квантовой механике. М. Гостехиздат, 1957.

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.physbook.ru/>
2. <http://hep.phys.msu.ru>
3. <http://elementy.ru/trefil/20>
4. [http://www.femto.com.ua/articles/part\\_1/1557.html](http://www.femto.com.ua/articles/part_1/1557.html)
5. <http://www.quantumintro.com/>
6. <http://phys.org/physics-news/quantum-physics/>
7. [http://www.bbc.co.uk/science/space/universe/questions\\_and\\_id\\_eas/quantum\\_mechanics](http://www.bbc.co.uk/science/space/universe/questions_and_id_eas/quantum_mechanics)

### 8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Описание последовательности действий, обучающихся при изучении дисциплины

В соответствии с целями и задачами дисциплины студент изучает на занятиях и дома разделы лекционного курса, готовится к практическим занятиям, проходит контрольные точки текущей аттестации, включающие разные формы проверки усвоения материала (собеседование, тестирование и др.).

Освоение дисциплины включает несколько составных элементов учебной деятельности:

1. Внимательное чтение рабочей программы учебной дисциплины (помогает целостно увидеть структуру изучаемых вопросов). В ней содержится перечень контрольных испытаний для всех разделов и тем, включая экзамен; указаны сроки сдачи заданий, предусмотренных учебной программой курса дисциплины «Методы исследования веществ и материалов».

2. Неотъемлемой составной частью освоения курса является посещение лекций и их конспектирование. Глубокому освоению лекционного материала способствует предварительная подготовка, включающая чтение предыдущей лекции, работу с учебниками.

3. Регулярная подготовка к практическим занятиям и активная работа на них, включающая:

- повторение материала лекции по теме;
- знакомство с планом занятия и списком основной и дополнительной литературы, с рекомендациями по подготовке к занятию;
- изучение научных сведений по данной теме в разных учебных пособиях;
- чтение первоисточников и предлагаемой дополнительной литературы;
- посещение консультаций с целью выяснения возникших сложных вопросов при подготовке к практическим занятиям.



4. Подготовка к экзамену (в течение семестра), повторение материала всего курса дисциплины.

### **Рекомендации по работе с литературой**

Изучение дисциплины следует начинать с проработки тематического плана лекций, уделяя особое внимание структуре и содержанию темы и основных понятий. Изучение «сложных» тем следует начинать с составления логической схемы основных понятий, категорий, связей между ними. Целесообразно прибегнуть к классификации материала, в частности при изучении тем, в которых присутствует большое количество незнакомых понятий, категорий, теорий, концепций, либо насыщенных информацией типологического характера.

При работе с литературой обязательно выписывать все выходные данные по каждому источнику. Можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц). Ищите аргументы «за» или «против» идеи автора.

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Изучая материал по учебной книге (учебнику, учебному пособию, монографии, хрестоматии и др.), следует переходить к следующему вопросу только после полного уяснения предыдущего, фиксируя выводы, в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода. Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Надо подробно разбирать примеры, которые поясняют определения, и приводить аналогичные примеры самостоятельно. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебной книге полезно либо в тетради на специально отведенных полях, либо в документе, созданном на ноутбуке, планшете и др. информационном устройстве, дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, которые есть необходимость разобрать на консультации с преподавателем. Выводы, полученные в результате изучения учебной литературы, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы при перечитывании материала они лучше запоминались.

Используйте основные установки при чтении научного текста:

5. информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);

6. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

7. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);

8. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

Для работы с научными текстами применяйте следующие виды чтения:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

2. просмотрное – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Основным для студента является изучающее чтение – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в профессиональной области.

При работе с литературой можно использовать основные виды систематизированной записи прочитанного:

8. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

9. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

10. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

11. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

### **Подготовка к сдаче коллоквиумов**

При подготовке к сдаче коллоквиума воспользуйтесь материалами лекций и рекомендованной литературой. Коллоквиум является одной из

составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями. Целью коллоквиума является определение качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Задачи, стоящие перед студентом при подготовке и написании коллоквиума:

1. закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2. выработка навыков самостоятельной работы;
3. выяснение подготовленности студента к будущей практической работе.

Коллоквиум проводится под наблюдением преподавателя. Тема коллоквиума известна и проводится она по сравнительно недавно изученному материалу, в соответствии с перечнем тем и вопросов для подготовки.

Преподаватель готовит задания либо по вариантам, либо индивидуально для каждого студента. По содержанию работа может включать теоретический материал, задачи, тесты, расчеты и т.п. Выполнению работы предшествует инструктаж преподавателя.

Ключевым требованием при подготовке к коллоквиуму выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений проблем, чётко и логично излагать свои мысли. Подготовку к коллоквиуму следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.

### **Подготовка к экзамену**

В процессе подготовки к экзамену, следует ликвидировать имеющиеся пробелы в знаниях, углубить, систематизировать и упорядочить знания. Особое внимание следует уделить организации подготовки к экзаменам. Для этого важны следующие моменты - соблюдение режима дня: сон не менее 8 часов в сутки; занятия заканчивать не позднее, чем за 2-3 часа до сна; прогулки на свежем воздухе, неустойчивые занятия спортом во время перерывов между занятиями. Наличие полных собственных конспектов лекций является необходимым условием успешной сдачи экзамена. Если пропущена какая-либо лекция, необходимо ее восстановить, обдумать, устранить возникшие вопросы, чтобы запоминание материала было осознанным. Следует помнить, что при подготовке к экзаменам вначале надо просмотреть материал по всем вопросам сдаваемой дисциплины, далее отметить для себя наиболее трудные вопросы и обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование предмета, дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий с перечнем основного оборудования
1	Квантовая механика	Мультимедийная аудитория: Корпус L, ауд. 534  Проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS).
2	Квантовая механика	Мультимедийная аудитория: Корпус D, ауд. 537  Проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS).



**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Квантовая механика»**  
**Форма подготовки очная**

**Оценочные средства для текущего контроля**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

**Примерный перечень оценочных средств (ОС)**

**Устный опрос**

1. Коллоквиум (УО-2) (Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.) – Вопросы по темам/разделам дисциплины.
2. Собеседование (УО-1) – Вопросы по темам/разделам дисциплины.

---

**Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Шкала оценивания промежуточной аттестации			
		Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ОПК-1.2. Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук	Знает принципиальные схемы и возможности современной аппаратуры для проведения физико-химических исследований.	<i>Не знает или не понимает принципиальные схемы и возможности современной аппаратуры для проведения физико-химических исследований.</i>	<i>Принципиальные схемы современной аппаратуры для проведения физико-химических исследований, в основном, изложены полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.</i>	<i>Принципиальные схемы и возможности современной аппаратуры изложены полно, но при этом допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.</i>	<i>В определенной логической последовательности и в полном объеме описаны принципиальные схемы и возможности современной аппаратуры для проведения физико-химических исследований.</i>
	Умеет использовать физико-химические методы исследования при выполнении квалификационных работ; выполнять требования, предъявляемые к образцам при проведении исследований.	<i>Допущены грубые ошибки в использовании современного оборудования и не выполнены требования, предъявляемые к образцам при проведении исследований.</i>	<i>Умеет использовать современное оборудование для решения задач, однако не использует профессиональные базы данных для интерпретации результатов исследований.</i>	<i>Умеет выполнять пробоподготовку при проведении исследований, в использовании физико-химических методов исследования при выполнении квалификационных работ допускает незначительные ошибки.</i>	<i>Умеет выполнять требования, предъявляемые к образцам при проведении исследований, рационально использует физико-химические методы исследования при выполнении квалификационных работ.</i>
	Владеет современными компьютерными программами необходимыми для проведения физико-химических исследований; способностью использовать полученные навыки для решения профессиональных задач.	<i>Не владеет современным и компьютерными программами и способностью использовать современное оборудование для решения профессиональных задач.</i>	<i>Владеет современным и компьютерными программами необходимым и для проведения физико-химических исследований, однако не способен использовать современное</i>	<i>Владеет современными компьютерными программами, способен использовать некоторое современное оборудование для решения профессиональных задач.</i>	<i>В полной мере владеет современными компьютерными программами необходимыми для проведения физико-химических исследований; способен оптимально использовать полученные навыки для</i>

			<i>оборудование для решения профессиональных задач.</i>		<i>решения профессиональных задач.</i>
ОПК-1.3. Использует современные расчетно-теоретические методы квантовой механики для решения профессиональных задач	Знает основные тенденции развития в области современных методов исследования веществ и материалов; основные методы анализа научной литературы с использованием современных баз данных.	<i>Не знает основные тенденции развития в области современных методов исследования веществ и материалов, с большими трудностями проводит анализ научной литературы с использованием современных баз данных.</i>	<i>Допущены 1-2 существенные ошибки в использовании современных расчетно-теоретических методов физики</i>	<i>Допущены 2-3 несущественные ошибки, исправленные по требованию, в использовании современных расчетно-теоретических методов физики, в использовании основных методов анализа научной литературы.</i>	<i>Самостоятельно и верно использованы расчетно-теоретические методы физики для решения профессиональных задач, развернуто проведён анализ научной литературы с использованием современных баз данных</i>
	Умеет применять полученные знания в исследовательской работе.	<i>Не умеет применять современные расчетно-теоретические методы квантовой механики для решения профессиональных задач.</i>	<i>В исследовательской работе современные расчетно-теоретические методы квантовой механики применены не совсем корректно. Допущены ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов.</i>	<i>Умеет применять современные расчетно-теоретические методы в исследовательской работе, допуская несущественные ошибки.</i>	<i>Умеет корректно применять современные расчетно-теоретические методы в исследовательской работе.</i>
	Владеет навыками интерпретации результатов физико-химических методов исследования веществ.	<i>Не владеет навыками использования современных расчетно-теоретических методов химии для интерпретации результатов</i>	<i>Навыки использования современных расчетно-теоретических методов физики для интерпретации результатов физико-</i>	<i>Владеет навыками использования современных расчетно-теоретических методов физики, но допускает незначительные ошибки в использовании</i>	<i>В полной мере владеет навыками использования современных расчетно-теоретических методов физики для интерпретации и результатов физико-</i>

		<i>физико-химических методов исследования веществ.</i>	<i>химических методов исследования веществ развиты слабо.</i>	<i>результатов расчётов для интерпретации и результатов физико-химических методов исследования веществ.</i>	<i>химических методов исследования веществ.</i>

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

### **Вопросы к экзамену по дисциплине «Квантовая механика»**

1. Спектр излучения абсолютно черного тела.
2. Кванты энергии и постоянная Планка.
3. Законы фотоэффекта.
4. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
5. Элементарная боровская теория строения атома водорода.
6. Спектр атома водорода. Затруднения теории Бора. Волны материи.
7. Линейное векторное пространство и его свойства. Скалярное произведение. Норма вектора.
8. Линейные операторы в гильбертовом пространстве. Коммутирующие и некоммутирующие операторы.
9. Свойства собственных векторов и собственных линейных самосопряженных операторов.
10. Матрицы операторов и представления волновой функции. Эквивалентность любого представления гильбертова пространства матричному.
11. Переход от одного представления к другому как унитарное преобразование. Координатное и импульсное представления.
12. Волновая функция, ее вероятностная интерпретация.
13. Временное уравнение Шредингера. Причинность. Плотность потока вероятности.
14. Стационарные состояния. Решение задачи с начальными условиями.
15. Зависимость средних от времени. Интегралы движения.
16. Потенциальная яма. Дискретный спектр. Туннельный эффект.
17. Гармонический осциллятор. Спектр энергий. Волновые функции.
18. Нулевая энергия гармонического осциллятора и соотношение неопределенности. Гармонический осциллятор в представлении операторов рождения-уничтожения.
19. Кулоновский потенциал. Движение в центральном поле.
20. Спектр и волновые функции атома водорода.
21. Момент импульса в квантовой теории.
22. Магнитный и механический момент атома.
23. Собственные значения и собственные функции момента импульса.



24. Сложение двух моментов импульса.
25. Спин электрона. Спиновые функции.
26. Уравнения Паули. Принцип Паули.
27. Периодическая система элементов Менделеева.
28. Теория стационарных возмущений (невырожденные состояния).
29. Теория стационарных возмущений (вырожденные состояния).
30. Теория нестационарных возмущений.
31. Применение вариационного метода для расчета энергии системы.
32. Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные состояния. Волновые функции системы двух электронов.
33. Обменное взаимодействие в системе двух электронов.
34. Атом гелия. Орто- и парагелий.
35. Метод самосогласованного поля (Хартри-Фока).
36. Статистическая модель атома.
37. Вторичное квантование. Волновая функция в системе бозонов.
38. Операторы физических величин в представлении чисел заполнения.
39. Собственные колебания и квантование электромагнитного поля.
40. Фотон. Энергия, импульс и момент импульса фотона.
41. Взаимодействие заряженной частицы с электромагнитным полем.
42. Вторичное квантование и волновая функция в системе фермионов.
43. Упругое рассеяние частиц без спина. Амплитуда и сечение рассеяния. Уравнение и функция Грина для задачи рассеяния.
44. Теория упругого рассеяния в приближении Борна.
45. Борновское рассеяние атомами быстрых заряженных частиц.
46. Фазовая теория рассеяния. Оптическая теорема.
47. Упругое рассеяние на сферической прямоугольной потенциальной яме.
48. Упругое рассеяние тождественных частиц.
49. Общая теория неупругого рассеяния. Каналы рассеяния. Оптическая теорема.