



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

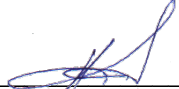
**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП ДТФИТ

И.о. зам. директора по учебной и  
методической работе ИНТПМ

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Нефедев К.В.  
\_\_\_\_\_  
(ФИО)



  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Красицкая С.Г.  
\_\_\_\_\_  
(ФИО.)

21 января 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Квантовая физика»**  
**Программа магистратуры**  
**по направлению подготовки 03.04.02 Физика,**  
**профиль «Вычислительная физика и квантовые технологии**  
**(совместно с МФТИ)»**  
**Форма подготовки очная**

курс 1, 2 семестр 2, 3  
лекции не предусмотрены  
практические занятия 16 час.  
лабораторные работы 86 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 102 час.  
самостоятельная работа 114 час.  
контрольные работы не предусмотрены  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены  
зачет 2 семестр  
зачет с оценкой 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - магистратура по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 7 августа 2020 г. № 914  
Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента теоретической физики и наукоемких технологий, протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Директор департамента д. ф.-м. н, профессор Нефедев К. В.  
Составитель: к. ф.-м. н, доцент Шульга Д. В.

Владивосток  
2022

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Аннотация к рабочей программе дисциплины «Квантовая физика»

Курс «Квантовая физика» предназначен для студентов очной формы обучения направление подготовки 03.04.02 Физика «Вычислительная физика и квантовые технологии (совместно с МФТИ)».

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 час. Учебным планом предусмотрены практические занятия (16 час.), лабораторные работы (86 час.), самостоятельная работа (114 час.). Дисциплина реализуется на 1 и 2 курсе в 2 и 3 семестре.

Дисциплина «Квантовая физика» относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин (Б1.В.04).

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Квантовая механика», «Методы математической физики», «Дифференциальные и интегральные уравнения, вариационное исчисление».

**Цель** - ознакомить студентов с современным состоянием развития квантовой механики.

### **Задачи:**

1. Изучить современные проблемы квантовой физики
2. Научиться студентов использовать полученные знания при решении практических задач

Для успешного изучения дисциплины «Квантовая физика» у студентов должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОПК-1.1 Использует в профессиональной деятельности основы физико-математических и (или) естественных наук.
- ОПК-1.2 Решает стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и (или) естественнонаучных знаний, методов математического анализа.
- ОПК-1.3 Осуществляет теоретическое и экспериментальное исследование объектов профессиональной деятельности.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие общекультурные/ общепрофессиональные/ профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
--------------------------------	--------------------------------

ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний.	Знает	предпосылки создания квантовой механики; математический аппарат квантовой механики; основные принципы квантовой механики; основные уравнения квантовой механики; теоретические основания квантовой механики; основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля.
	Умеет	применять теорию возмущений к решению задач; проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц; решать типовые задачи квантовой механики.
	Владеет	навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой; точными и приближенными методами квантовой механики.
ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов.	Знает	теоретические основания квантовой механики; основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля.
	Умеет	решать типовые задачи квантовой механики.
	Владеет	точными и приближенными методами квантовой механики.
ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива.	Знает	предпосылки создания квантовой механики; математический аппарат квантовой механики; основные принципы квантовой механики; основные уравнения квантовой механики.
	Умеет	проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц; проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц.
	Владеет	навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Квантовая физика» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: обсуждение в группах, решение задач с обсуждением.

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

### **Практические занятия (16 час.)**

**Занятие 1. Волновые пакеты. Групповая и фазовая скорости (2 часа)**

**Занятие 2. Получение стационарного уравнения Шредингера (2 часа)**

**Занятие 3. Вывод соотношения неопределенности (2 часа)**

**Занятие 4. Спектры двухатомных молекул (2 часа)**

**Занятие 5. Квантовая теория дисперсии (2 часа)**

**Занятие 6. Релятивистская теория атома водорода (решение задач с обсуждением) (2 часа)**

**Занятие 7. Уравнение Паули (2 часа)**

**Занятие 8. Уравнение Дирака, плотность заряда и тока (2 часа)**

**Лабораторные работы (86 час.)**

**Лабораторная работа 1. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц (4 часа)**

**Лабораторная работа 2. Туннельный эффект как проявление волновых свойств (4 часа)**

**Лабораторная работа 3. Теплоемкость одноатомных и двухатомных веществ (4 часа)**

**Лабораторная работа 4. Уравнение Дирака в приближенной форме (4 часа)**

**Лабораторная работа 5. Тонкая структура спектра водородоподобного атома (4 часа)**

**Лабораторная работа 6. Учет релятивистских и спиновых эффектов для водородоподобного атома (4 часа)**

**Лабораторная работа 7. Экспериментальная проверка теории тонкой структуры (4 часа)**

**Лабораторная работа 8. Аномальный эффект Зеемана (4 часа)**

**Лабораторная работа 9. Влияние структуры ядра на атомные спектры (4 часа)**

**Лабораторная работа 10. Применимость уравнений Дирака для описания движения нейтрона и протона (4 часа)**

**Лабораторная работа 11. Дираковская теория «дырок», открытие позитрона (4 часа)**

**Лабораторная работа 12. Решение задачи атома гелия методом теории возмущений (4 часа)**

**Лабораторная работа 13. Метод самосогласованного поля Хартри-Фока (4 часа)**

**Лабораторная работа 14. Статистики Ферми — Дирака и Бозе — Эйнштейна, принцип Паули (4 часа)**

**Лабораторная работа 15. Характеристические спектры атомов и строение их внутренних оболочек (4 часа)**

**Лабораторная работа 16. Гетерополярные и гомеополярные молекулы (4 часа)**

**Лабораторная работа 17. Понятие о мезонной теории ядерных сил (4 часа)**

**Лабораторная работа 18. Рассеяние на юкавском силовом центре (4 часа)**

**Лабораторная работа 19. Квантование уравнений Максвелла (4 часа)**

**Лабораторная работа 20. Бета-распад (4 часа)**

**Лабораторная работа 21. Несохранение четности при распаде частиц (4 часа)**

**Лабораторная работа 22. Основные характеристики и систематика элементарных частиц (2 часа)**

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Квантовая теория поля» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Групповая и фазовая скорости	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачёт, вопрос № 1
2	Получение стационарного уравнения Шредингера	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Работа на семинарских занятиях	Зачёт, вопрос № 2
3	Вывод соотношения неопределенности	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачёт, вопрос № 3
4	Спектры двухатомных молекул	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Работа на семинарских занятиях	Зачёт, вопрос № 4
5	Квантовая теория дисперсии	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачёт, вопрос № 5
6	Релятивистская	ПК-1.1,	Знает	Работа на	Зачёт, вопрос

	теория атома водорода	ПК-1.3, ПК-1.3	Умеет Владеет	семинарских занятиях	№ 6
7	Уравнение Паули	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачёт, вопрос № 7
8	Уравнение Дирака. Плотность заряда и тока	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Работа на семинарских занятиях	Зачёт, вопрос № 8
9	Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачёт, вопросы № 1-3
10	Учет релятивистских и спиновых эффектов для водородоподобного атома	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Работа на семинарских занятиях	Зачёт, вопрос № 4-6
11	Аномальный эффект Зеемана	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачёт, вопрос № 7-9
12	Влияние структуры ядра на атомные спектры	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Работа на семинарских занятиях	Зачёт, вопрос № 10-12
13	Характеристические спектры атомов и строение их внутренних оболочек	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачёт, вопрос № 13-15
14	Понятие о мезонной теории ядерных сил	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Работа на семинарских занятиях	Зачёт, вопрос № 16-18
15	Квантование уравнений Максвелла	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачёт, вопрос № 19-21
16	Основные характеристики и систематика элементарных частиц	ПК-1.1, ПК-1.3, ПК-1.3	Знает Умеет Владеет	Работа на семинарских занятиях	Зачёт, вопрос № 22-23

Контрольные и методические материалы, 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.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Шпольский, Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома [Электронный ресурс] : учебник / Э.В. Шпольский. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/443>

2. Байков, Ю.А. Квантовая механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 294 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70719>

3. Магазинников А.Л. Введение в квантовую механику [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Магазинников А.Л., Мухачев В.А.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 112 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13860.html>. — ЭБС «IPRbooks»

4. Краснопевцев Е.А. Квантовая механика в приложениях к физике твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Краснопевцев Е.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010.— 354 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45097.html>. — ЭБС «IPRbooks»

5. Трясучёв, В.А. Квантовая механика для студентов технических вузов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Трясучёв ; под ред. А.В. Попков. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2017. — 156 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106765>

6. Квантовая механика: учебник / Ведринский Р.В. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2009. - 384 с. ISBN 978-5-9275-0706-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/553266>

7. Левичев В.В. Основы квантовой механики в простейших задачах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Левичев В.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, 2014.— 38 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67477.html>.— ЭБС «IPRbooks»



8. [Дырдин, В.В. Физика. Квантовая физика. Квантовая механика и атомная физика \[Электронный ресурс\] : учебное пособие / В.В. Дырдин, Т.Л. Ким, С.А. Шепелева. — Электрон. дан. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2018. — 182 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/115114>](https://e.lanbook.com/book/115114)

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

1. Блохинцев, Д.И. Основы квантовой механики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.И. Блохинцев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2004. — 672 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/619>

2. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 808 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2380>

3. Балашов В.В. Курс квантовой механики [Электронный ресурс]/ Балашов В.В., Долинов В.К.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2001.— 336 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16546.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4. Елютин, П.В. Квантовая механика с задачами [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.В. Елютин, В.Д. Кривченков ; под ред. Боголюбова Н.Н.. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 300 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48207>

5. Демидович, Б.П. Математические основы квантовой механики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.П. Демидович. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2005. — 200 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/604>

6. Толмачев В.В. Основы квантовой механики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Толмачев В.В., Федотов А.А., Федотова С.В.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005.— 240 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16586.html>.— ЭБС «IPRbooks»

7. Карлов, Н.В. Начальные главы квантовой механики [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.В. Карлов, Н.А. Кириченко. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 360 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2193>

## 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\\_ideas/quantum\\_mechanics](http://www.bbc.co.uk/science/space/universe/questions_and_ideas/quantum_mechanics)

### VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Важной является самостоятельная работа по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. При подготовке к занятиям студенты могут пользоваться рабочей программой учебной дисциплины, а также справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

При промежуточной аттестации до экзамена должны сдать все отчетные работы и получить допуск к экзамену.

### VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитория для чтения лекций и проведения практических занятий:  
персональный компьютер Lenovo ThinkPad E125 с лицензионным и свободным программным обеспечением – MS PowerPoint 2007 и Acrobat Reader XI;  
проектор Benq MP770;  
переносной экран.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Квантовая физика»  
**Направление подготовки 03.04.02 Физика**  
«Вычислительная физика и квантовые технологии (совместно с МФТИ)»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2022**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

<b>№</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
2	2 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
3	3 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
4	4 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
5	5 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
6	6 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
7	7 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
8	8 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
9	9 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
10	10 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
11	11 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
12	12 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
13	13 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
14	14 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
15	15 неделя	Подготовка к	3 часа	Лабораторные работы

		лабораторным работам		
16	16 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
17	17 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
18	18 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
19	19 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
20	20 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
21	21 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
22	22 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
23	23 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
24	24 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
25	25 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
26	26 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
27	27 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
28	28 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
29	29 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
30	30 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
31	31 неделя	Подготовка к	3 часа	Лабораторные работы

		лабораторным работам		
32	32 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
33	33 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
34	34 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
35	35 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
36	36 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

Самостоятельная работа помогает студентам:

1) овладеть знаниями:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы и т.д.);

- составление плана текста, графическое изображение структуры текста, конспектирование текста, выписки из текста и т.д.;

- работа со справочниками и др. справочной литературой;

- использование компьютерной техники и Интернета и др.;

2) закреплять и систематизировать знания:

- работа с конспектом лекции;

- обработка текста, повторная работа над учебным материалом учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио и видеозаписей;

- подготовка плана;

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности и уровня умений студентов.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов должен осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа на лекции

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

#### Работа с литературными источниками

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой.

#### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Требования к конспекту для практических занятий:

1. Должен быть в отдельной тетради, подписанный.
2. Обязательно писать план занятия с указанием темы, вопросов, списка литературы и источников.

3. Отражать проблематику всех поставленных вопросов (анализ источника, литературы).

4. Иметь по ним аргументированные выводы. Слово «аргументированные» является ключевым. Главное - доказуемость выводов.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Формы контроля самостоятельной работы:

- Лабораторные работы.

Критерии оценки результатов самостоятельной работы

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- умение показать, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
по дисциплине «Квантовая физика»  
**Направление подготовки 03.04.02 Физика**  
«Вычислительная физика и квантовые технологии (совместно с МФТИ)»  
**Форма подготовки очная**

Владивосток  
2022

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний .	Знает	предпосылки создания квантовой механики; математический аппарат квантовой механики; основные принципы квантовой механики; основные уравнения квантовой механики; теоретические основания квантовой механики; основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля.
	Умеет	применять теорию возмущений к решению задач; проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц; решать типовые задачи квантовой механики.
	Владеет	навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой; точными и приближенными методами квантовой механики.
ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов.	Знает	теоретические основания квантовой механики; основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля.
	Умеет	решать типовые задачи квантовой механики.
	Владеет	точными и приближенными методами квантовой механики.
ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельно, и в составе научного коллектива.	Знает	предпосылки создания квантовой механики; математический аппарат квантовой механики; основные принципы квантовой механики; основные уравнения квантовой механики.
	Умеет	проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц; проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц.
	Владеет	навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.

№	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
2	2 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы

3	3 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
4	4 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
5	5 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
6	6 неделя	Подготовка к лабораторным работам	4 часа	Лабораторные работы
7	7 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
8	8 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
9	9 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
10	10 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
11	11 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
12	12 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
13	13 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
14	14 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
15	15 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
16	16 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
17	17 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
18	18 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы



35	35 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы
36	36 неделя	Подготовка к лабораторным работам	3 часа	Лабораторные работы

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ПК-1.1 ставит цели и задачи научного исследования в соответствующей области знаний.	знает (пороговый уровень)	теоретические основания квантовой механики, основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля; предпосылки создания квантовой механики; математический аппарат квантовой механики; основные принципы квантовой механики; основные уравнения квантовой механики.	Знание теоретических оснований квантовой механики, математического аппарата квантовой механики, основных принципов квантовой механики.	Способность перечислить и охарактеризовать основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля, перечислить и раскрыть суть основных принципов, методов и уравнений квантовой механики.	45-64
	умеет (продвинутой)	решать типовые задачи квантовой механики; применять теорию возмущений к решению задач; проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц.	Умение решать типовые задачи квантовой механики, применять теоретические знания к решению практических и научных задач; излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.	Способность решать типовые задачи квантовой механики, применять теоретические знания к решению практических и научных задач; излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.	65-84

	владеет (высокий)	точными и приближенными методами квантовой механики; навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.	Владеет методами квантовой механики, навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой; использованием базовых теоретических знаний в области квантовой механики при решении профессиональных задач.	Способность применить точные и приближенные методы квантовой механики при решении конкретных задач, самостоятельно работать с учебной и научной литературой; использовать базовые теоретические знания в области квантовой механики при решении профессиональных задач.	85-100
ПК-1.2 анализирует основные достижения и концепции в области прикладной физики, нанотехнологий и наноматериалов.	знает (пороговый уровень)	теоретические основания квантовой механики, основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля; предпосылки создания квантовой механики; математический аппарат квантовой механики; основные принципы квантовой механики; основные уравнения квантовой механики.	Знание теоретических оснований квантовой механики, математического аппарата квантовой механики, основных принципов квантовой механики.	Способность перечислить и охарактеризовать основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля, перечислить и раскрыть суть основных принципов, методов и уравнений квантовой механики.	45-64

	<p>умеет (продвинуты й)</p>	<p>решать типовые задачи квантовой механики; применять теорию возмущений к решению задач; проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц.</p>	<p>Умение решать типовые задачи квантовой механики, применять теоретические знания к решению практических и научных задач; излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.</p>	<p>Способность решать типовые задачи квантовой механики, применять теоретические знания к решению практических и научных задач; излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.</p>	<p>65-84</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>точными и приближенными методами квантовой механики; навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.</p>	<p>Владеет методами квантовой механики, навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой; использования базовых теоретических знаний в области квантовой механики при решении профессиональных задач.</p>	<p>Способность применить точные и приближенные методы квантовой механики при решении конкретных задач, самостоятельно работать с учебной и научной литературой; использовать базовые теоретические знания в области квантовой механики при решении профессиональных задач.</p>	<p>85-100</p>

ПК-1.3 проводит научные исследования, получает новые научные и прикладные результаты самостоятельн о, и в составе научного коллектива.	знает (пороговый уровень)	теоретические основания квантовой механики, основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля; предпосылки создания квантовой механики; математический аппарат квантовой механики; основные принципы квантовой механики; основные уравнения квантовой механики.	Знание теоретическ их оснований квантовой механики, математиче ского аппарат квантовой механики, основных принципов квантовой механики.	Способность перечислить и охарактеризовать основные физические системы и законы, описываемые квантовой теорией поля, перечислить и раскрыть суть основных принципов, методов и уравнений квантовой механики.	45-64
	умеет (продвинуты й)	решать типовые задачи квантовой механики; применять теорию возмущений к решению задач; проводить численные расчеты соответствующих физических величин в общепринятых системах единиц.	Умение ре- шать типо- вые задачи квантовой механики, применять теоретиче- ские знания к решению практиче- ских и научных за- дач; излагать, понимать и критически анализиров ать общефизиче скую информаци ю.	Способность решать типовые задачи квантовой механики, применять теоретические знания к решению практических и научных задач; излагать, понимать и критически анализировать общефизическую информацию.	65-84



владеет (высокий)	точными и приближенными методами квантовой механики; навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.	Владеет методами квантовой механики, навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой; использования базовых теоретических знаний в области квантовой механики при решении профессиональных задач.	Способность применить точные и приближенные методы квантовой механики при решении конкретных задач, самостоятельно работать с учебной и научной литературой; использовать базовые теоретические знания в области квантовой механики при решении профессиональных задач.	85-100
-------------------	---	---	---	--------

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Промежуточная аттестация обучающихся по учебной дисциплине осуществляется в рамках завершения изучения данной дисциплины и позволяет определить качество и уровень ее освоения. Предметом оценки освоения являются умения и знания.

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме экзамена и позволяет определить развитие общих компетенций, предусмотренных для ОПОП. Условием допуска к экзамену является успешное освоение обучающимися всех элементов дисциплины (выполнение и сдача всех коллоквиумов и контрольных работ).

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе повседневной учебной работы по курсу дисциплины. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины, овладению общими компетенциями.

### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ по дисциплине «Квантовая физика»**

1. Волновые пакеты. Групповая и фазовая скорости
2. Получение стационарного уравнения Шредингера
3. Вывод соотношения неопределенности

4. Спектры двухатомных молекул
5. Квантовая теория дисперсии
6. Релятивистская теория атома водорода
7. Уравнение Паули
8. Уравнение Дирака. Плотность заряда и тока

### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ С ОЦЕНКОЙ по дисциплине «Квантовая физика»**

1. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц
2. Туннельный эффект как проявление волновых свойств
3. Теплоемкость одноатомных и двухатомных веществ
4. Уравнение Дирака в приближенной форме
5. Тонкая структура спектра водородоподобного атома
6. Учет релятивистских и спиновых эффектов для водородоподобного атома
7. Исследование тонкой структуры по теории Дирака
8. Экспериментальная проверка теории тонкой структуры
9. Аномальный эффект Зеемана
10. Влияние структуры ядра на атомные спектры
11. Применимость уравнений Дирака для описания движения нейтрона и протона
12. Дираковская теория «дырок», открытие позитрона
13. Решение задачи атома гелия методом теории возмущений
14. Метод самосогласованного поля Хартри-Фока
15. Статистики Ферми — Дирака и Бозе — Эйнштейна, принцип Паули
16. Характеристические спектры атомов и строение их внутренних оболочек
17. Гетерополярные и гомеополярные молекулы
18. Понятие о мезонной теории ядерных сил
19. Рассеяние на юкавском силовом центре
20. Квантование уравнений Максвелла
21. Бета-распад
22. Несохранение четности при распаде частиц
23. Основные характеристики и систематика элементарных частиц

### **Критерии оценки на зачете по дисциплине «Квантовая физика»**

Оценка «**отлично**» ставится, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и

полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка «хорошо» ставится, если ответ обнаруживает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если ответ свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличается недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если ответ обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

## **Комплект заданий для контрольной работы**

### **Тема 1. Введение**

#### **Вариант 1. Соотношение между квантовой и классической теориями поля**

Принцип соответствия. Квантовые возбуждения как частицы.

#### **Вариант 2. Колеблущаяся цепочка атомов**

Уравнение движения цепочки. Гамильтониан цепочки. Решение уравнения в нормальных координатах.

### **Вариант 3. Непрерывная колеблющаяся цепочка**

Предельный переход к непрерывному случаю. Дифференциальное уравнение в частных производных.

### **Тема 2. Гармонический осциллятор**

#### **Вариант 1. Собственные значения**

Операторы рождения и уничтожения. Спектр собственных значений энергии. Основное состояние.

#### **Вариант 2. Свойства собственных состояний**

Флуктуация координаты. Неравенство нулю нулевой энергии.

#### **Вариант 3. Зависимость движения от времени**

Представление Шредингера. Представление Гейзенберга.

### **Тема 3. Связанные осцилляторы**

#### **Вариант 1. Собственные значения гамильтониана**

Переход к нормальным координатам. Собственные значения и собственные вектора. Фононы.

#### **Вариант 2. Квантовые свойства**

Энергия нулевых колебаний. Флуктуации атомов.

#### **Вариант 3. Вопросы динамики**

Классическое и квантовое решения уравнений.

### **Тема 4. Поля**

#### **Вариант 1. Непрерывно связанные осцилляторы**

Аналогия между связанными осцилляторами и скалярным полем. Трехмерные условия периодичности. Расходимость нулевой энергии. Расходимость квадратичной флуктуации поля.

#### **Вариант 2. Вывод уравнений движения из лагранжиана**

Принцип наименьшего действия. Гамильтониан. Уравнения движения.

### **Тема 5. Наблюдаемые**

#### **Вариант 1. Энергия, импульс и угловой момент**

Инвариантность лагранжиана относительно преобразований и существование интегралов движения. Оператор момента импульса и разложение по плоским волнам.

#### **Вариант 2. Четность**

Инвариантность относительно отражения.

#### **Вариант 3. Число частиц и плотность частиц**

Релятивистский и нерелятивистский случаи.

#### **Вариант 4. Локальные наблюдаемые**

Комптоновская длина волны и эффективный размер частиц в квантовой механике.

## **Тема 6. Состояния**

### **Вариант 1. Вакуумное и одночастичное состояния**

Виртуальные частицы.

### **Вариант 2. Двухчастичные состояния**

Интерференция, флуктуация, тождественные частицы.

### **Вариант 3. Многочастичные состояния**

Флуктуация плотности частиц.

## **Тема 1. Общий обзор**

### **Вариант 1. Уравнения поля**

Поле с источником. Функция Грина. In- и out- решения уравнения.

### **Вариант 2. Квантование**

Лагранжиан взаимодействия. Перестановочные соотношения для  $\phi^{\text{in}}$  и  $\phi^{\text{out}}$  операторов.

### **Вариант 3. Матрица рассеяния и волновая матрица**

Определение и свойства матрицы рассеяния. Золотое правило Ферми. Сечение рассеяния.

## **Тема 2. Статический источник**

### **Вариант 1. Интерпретация статического источника**

Запаздывающий и опережающий пропагаторы.

### **Вариант 2. Энергия связанной системы**

Спектр собственных значений. Энергия перенормировки.

### **Вариант 3. Связь между голыми и физическими состояниями**

Флуктуация числа виртуальных частиц. Облако виртуальных частиц.

### **Вариант 4. Флуктуации поля**

### **Вариант 5. Несколько источников**

Потенциал Юкавы. Потенциалы отталкивания и притяжения.

## **Тема 3. Рождение частиц**

### **Вариант 1. Общие замечания**

Реальные и виртуальные частицы. Энергия передаваемая или отбираемая источником от поля.

### **Вариант 2. Частные случаи**

Точечный источник с периодической зависимостью от времени. Сферический источник. Источник, внезапно меняющий свою скорость.

## **Тема 4. Классическая теория с билинейным взаимодействием**

### **Вариант 1. Связанные состояния**

Детерминант Фредгольма. Нули детерминанта и связанные состояния.

### **Вариант 2. Поведение волновой матрицы**

Свойства волновой матрицы. Оператор проектирования на связанные состояния.

### **Вариант 3. Рассеяние**

Связь между падающими и уходящими волнами. Разложение по сферическим волнам.

## **Тема 5. Квантовая теория поля с билинейным взаимодействием**

### **Вариант 1. Квантование и перестановочные соотношения при наличии связанного состояния**

Согласованность перестановочных соотношений для локальных и асимптотических полей.

#### **Вариант 2. Рассеяние**

Сечение рассеяния. Резонансное рассеяние. Фазовый сдвиг.

#### **Вариант 3. Выражение энергии через асимптотические поля**

Энергия перенормировки. Соотношение между фазовым сдвигом и изменением энергии.

#### **Вариант 4. Виртуальные частицы**

Распределение виртуальных частиц. Аналогия с гармоническим осциллятором. Поляризация вакуума.

### **Критерии оценки выполнения контрольной работы**

Отметка "Отлично"

Верно выполнено более 85% заданий.

Отметка "Хорошо"

Верно выполнено 75-85% заданий.

Отметка "Удовлетворительно"

Верно выполнено 60-75% заданий.

Отметка "Неудовлетворительно"

Верно выполнено менее 60% заданий.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по дисциплине «Название»**

**Направление подготовки - шифр, название направления подготовки**

**профиль/ специализация/ магистерская программа «Название»**

**Форма подготовки (очная/ заочная)**

**Владивосток**

**2022**