

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
По учебно-методической работе  
А.А. Панфилов  
« 04 » 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ**  
**ФИЗИКА»**

Направление подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Профиль подготовки \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость (зач. ед./ час)	Лекции (час)	Практические занятия (час)	Лаб. работы (час)	СРС (час)	Форма контроля (экз./зач.)
6	4 /144	36	18	-	54	экзамен (36)
<b>Итого</b>	4 /144	36	18	-	54	экзамен (36)

Владимир, 20 15

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины «Квантовая механика и статистическая физика» являются; приобретение углубленных знаний по ключевым разделам квантовой физики; отражающих современное состояние науки и техники; фундаментальных принципов, лежащих в основе современных научно-технических достижений; формирование способностей использовать современные технические средства при решении задач профессиональной деятельности; формирование готовности к обоснованию принятых технических решений с учётом экономических и экологических последствий их применения.

### Задачи дисциплины:

- изучение понятий и принципов физической теории и эксперимента;
- развитие навыков составления физических моделей и решения нелинейных уравнений.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Квантовая механика и статистическая физика» относится к дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП. Дисциплина логически и содержательно-методически тесно связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения.

К числу дисциплин, наиболее тесно связанных с дисциплиной «Квантовая механика и статистическая физика», относятся «Физика», «Квантовая механика», «Статистическая физика», «Физика твердого тела». В результате освоения этих дисциплин студенты приобретают необходимые для изучения «Квантовая механика и статистическая физика» знания основных понятий и принципов физической теории и эксперимента. Приобретают умения применять методы математического анализа и моделирования.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины частично формируются следующие компетенции:

- ОПК-2; способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- ОПК-1; способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

В результате освоения дисциплины обучающийся демонстрирует следующие результаты образования:

ЗНАТЬ	УМЕТЬ	ВЛАДЕТЬ
естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-	способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-

(ОПК-2)	математический аппарат; (ОПК-2)	математический аппарат (ОПК-2)
адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики. (ОПК-1)	представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики. (ОПК-1)	способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики. (ОПК-1)

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП / КР
1	Математический аппарат квантовой механики	6	1	2	-	2	-	-	10	-	2/50	
2	Основные положения квантовой механики и статистической физики.	6	2-8	12	-	6	-	-	18	-	9/50	рейтинг-контроль №1
3	Центральное поле.	6	9-12	10	-	4	-	-	18	-	7/50	рейтинг-контроль №2
4	Теория возмущений.	6	13-18	12	-	6	-	-	8	-	9/50	рейтинг-контроль №3
Всего		6	18	36	-	18	-	-	54	-	27/50	Экзамен (36)

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КУРС

##### Семестр 6

**Раздел 1.** Математический аппарат квантовой механики.

Распределение Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Принцип Паули и образование зон в кристаллах. Классификация твердых тел. Понятие состояния и суперпозиции состояний в квантовой теории. Уравнение Шредингера. Стандартные условия на волновую функцию. Смысл волновой функции.

**Раздел 2.** Основные положения квантовой механики и статистической физики.

Правила работы с операторами. Свойства линейных операторов. Средние значения. Представление операторов в матричной форме. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Операторы физических величин. Правила коммутации. Собственные функции операторов координаты и импульса. Собственные функции оператора углового момента. Производная от оператора. Зависимость от времени матричных элементов

### **Раздел 3. Центральное поле.**

Энергетический спектр. Орбитали. Понятие электронного облака. Сферически симметричная потенциальная яма. Движение в кулоновском поле. Дискретный спектр. Волновые функции. Сплошной спектр.

### **Раздел 4. Теория возмущений.**

Невырожденный случай. Случай близких уровней. Случай вырождения. Аномальный эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Линейный и квадратичный эффект Штарка. Нестационарная теория возмущений (теория квантовых переходов). Постоянное возмущение. Возмущение, периодически зависящее от времени. Соотношение неопределенностей энергия-время. Вероятность перехода в единицу времени. Простейшая модель квантовой системы, взаимодействующей с термостатом, - двухуровневый атом. Феноменологическое уравнение для матрицы плотности. Продольное и поперечное времена релаксации. Спектр поглощения. Спектр поглощения. Понятие об однородной и неоднородной ширинах уровней.

#### **Практические занятия.**

Тема 1. Правила работы с операторами (2ч.)

Тема 2. Решение уравнений Шредингера для частицы в различных силовых полях(6 ч).

Тема 3. Правила квантования (4ч.).

Тема 4. Формализм матрицы плотности (6ч.).

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **5.1. Активные и интерактивные формы обучения.**

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы.

Объем занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет 27 часов (50%).

### **5.2. Самостоятельная работа студентов.**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению контрольных заданий, составление конспекта лекций по предложенным темам. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций, решение выданных задач.

### **5.3. Мультимедийные технологии обучения.**

Некоторые из лекционных и лабораторных занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории (например, ауд. 430-3, 420-3) с использованием компьютерного проектора. Студентам предоставляется компьютерный курс лекций.

### **5.4 Лекции приглашенных специалистов.**

В рамках учебного курса планируются лекции приглашенных специалистов из Института спектроскопии РАН (г.Москва).

## 5.5. Рейтинговая система обучения

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: баллы на контрольных занятиях; качество выполнения домашних типовых заданий, рассматриваемых на практических занятиях. Распределение баллов по контрольным мероприятиям определяется лектором, ведущим дисциплину.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости проводится по всем видам занятий с использованием рейтинговой системы.

### 6.1 . Экзаменационные вопросы

1. Свойства гильбертова пространства.
2. Оператор в гильбертовом пространстве.
3. Понятие состояния квантово-механической системы, чистые и смешанные состояния.
4. Правила работы с операторами.
5. Свойства линейных операторов.
6. Вычисление средних значений физических величин.
7. Выражение операторов координаты и импульса в координатном и импульсном представлениях.
8. Выражения для операторов кинетической, потенциальной энергии, оператора Гамильтона частицы в потенциальном поле.
9. Оператор эволюции.
10. Момент количества движения. Собственные числа операторов квадрата и z-проекции момента количества движения.
11. Орбитальный момент количества движения. Матрицы Паули.
12. Центральное поле.
13. Движение частицы в центральном поле. Энергетический спектр.
14. Движение в кулоновском поле.
15. Связь квантовой механики с классической механикой
16. Теория возмущений.
17. Вариационные методы в квантовой механике.
18. Распределение Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака
19. Принцип Паули и образование зон в кристаллах.
20. Классификация твердых тел.
21. Понятие состояния и суперпозиции состояний в квантовой теории.
22. Уравнение Шредингера. Стандартные условия на волновую функцию.
23. Смысл волновой функции.
24. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
25. Аномальный эффект Зеемана.
26. Линейный и квадратичный эффект Штарка.
27. Двухуровневый атом.
28. Феноменологическое уравнение для матрицы плотности.
29. Продольное и поперечное времена релаксации. Спектр поглощения. Спектр поглощения.
30. Понятие об однородной и неоднородной ширинах уровней.



## **6.2. Вопросы для рейтинг-контролей**

### **Рейтинг-контроль № 1**

1. Свойства гильбертова пространства.
2. Оператор в гильбертовом пространстве.
3. Понятие состояния квантово-механической системы, чистые и смешанные состояния.
4. Вычисление средних значений физических величин.
5. Правила работы с операторами.
6. Свойства линейных операторов.
7. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
8. Выражение операторов координаты и импульса в координатном и импульсном представлениях.

### **Рейтинг-контроль № 2**

1. Выражения для операторов кинетической, потенциальной энергии, оператора Гамильтона частицы в потенциальном поле.
2. Оператор эволюции.
3. Момент количества движения. Собственные числа операторов квадрата и z-проекции момента количества движения.
4. Орбитальный момент количества движения. Матрицы Паули.
5. Центральное поле.
6. Движение частицы в центральном поле. Энергетический спектр.
7. Движение в кулоновском поле.
8. Связь квантовой механики с классической механикой
9. Теория возмущений.
10. Вариационные методы в квантовой механике.

### **Рейтинг-контроль № 3**

1. Распределение Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака
2. Принцип Паули и образование зон в кристаллах.
3. Классификация твердых тел.
4. Понятие состояния и суперпозиции состояний в кв теории.
5. Уравнение Шредингера. Стандартные условия на волновую функцию.
6. Смысл волновой функции.
7. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
8. Аномальный эффект Зеемана.
9. Линейный и квадратичный эффект Штарка.
10. Двухуровневый атом.
11. Феноменологическое уравнение для матрицы плотности.
12. Продольное и поперечное времена релаксации. Спектр поглощения. Спектр поглощения.
13. Понятие об однородной и неоднородной ширинах уровней.

## **6.3. Вопросы к самостоятельной работе студента**

1. Невырожденный случай. Случай близких уровней.
2. Случай вырождения.
3. Эффект Пашена-Бака.
4. Нестационарная теория возмущений (теория квантовых переходов).
5. Соотношение неопределенностей энергия-время. Вероятность перехода в единицу времени.
6. Простейшая модель квантовой системы, взаимодействующей с термостатом.
7. Спектр поглощения.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Название и выходные данные (автор, вид издания, издательство, издания, количество страниц)	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3
<b>Основная литература</b>		
1	Физика. Современный курс [Электронный ресурс] / Никеров В.А. - М.: Дашков и К, 2014. – ISBN 978-5-394-02349-1.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394023491.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785394023491.html</a>
2	Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс] / Неволин В.К. - Издание 2-е, испр. и доп. - М. : Техносфера, 2013. – ISBN 978-5-94836-361-5.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363615.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948363615.html</a>
3	Физика макроскопических квантовых систем [Электронный ресурс]: Курс лекций. Семинары / М.Ю. Каган. - Вып. 2. - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - (Серия "Высшая школа физики"). – ISBN 978-5-383-00895-9.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008959.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008959.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Физика. В 3 кн. Кн. 3. Строение и свойства вещества [Электронный ресурс] / Бутиков Е.И., Кондратьев А.С., Уздин В.М. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – ISBN 978-5-9221-0109-7.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922101097.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922101097.html</a>
2	Механика. Задачи и решения [Электронный ресурс] / А. Б. Казанцева - М.: КолосС, 2013. - (Учебники и учеб. пособия для высших учебных заведений). – ISBN 5-9532-0317-9.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5953203179.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5953203179.html</a>
3	Лекции по теории вероятностей и математической статистике [Электронный ресурс]: учебник / Прохоров Ю.В., Пономаренко Л.С. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Издательство Московского государственного университета, 2012. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-211-06234-4.	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785211062344.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785211062344.html</a>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- кафедральные мультимедийные средства;
- электронные записи лекций.
- компьютеры со специализированным программным обеспечением (MatLab)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПМ Прохоров А. В.

Рецензент (представитель работодателя) на спец. научно-метод. семинаре

(место работы, должность, ФИО, подпись)

ФКПТ "ГЛПТ Вадва"

Артюшов А.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Заведующий кафедрой

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Председатель комиссии

(ФИО, подпись)

Аракелян С.М.

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09.18 года

Заведующий кафедрой

Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2020-2021 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.2020 года

Заведующий кафедрой

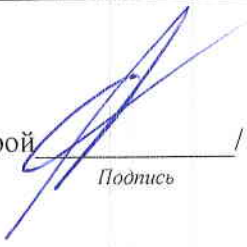
С.М. Аракелян



**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**  
в рабочую программу дисциплины  
*Квантовая механика и статистическая физика*  
образовательной программы направления подготовки  
*28.03.01 Нанотехнологии и микропроцессорная техника*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1	<p>В Раздел 3 «Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины» добавлены:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– ПК-1 Способность проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий.</li><li>– ПК-3 Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций.</li></ul>	Ведущий инженер каф.ФиПМ Седова И.Е.	№1 от 31.08.2020

Зав. кафедрой



Подпись

/ С.Н. Аронов

ФИО