

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 02 » 09 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль/программа подготовки Нанотехнологии и микросистемная техника

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
6	5 / 180	36	36	-	72	экз. (36 ч.)
Итого	5 / 180	36	36	-	72	экз. (36 ч.)

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Квантовая механика и статистическая физика» являются привитие навыков научно-исследовательской и производственной деятельности, направленной на анализ, систематизацию и обобщение научно-технической информации по тематике исследования физических основ квантовой и статистической физики для нанотехнологий; физико-математическое и физико-химическое моделирование исследуемых процессов и объектов с использованием современных компьютерных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Квантовая механика и статистическая физика» относится к обязательным дисциплинам базовой части ОПОП. В ходе изучения дисциплины студенты применяют навыки, полученные в рамках дисциплин: «Математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Физика», «Информационные технологии», «Введение в нанотехнологию», «Электротехника».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции ¹	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	частичный	Знать: законы и принципы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования; Уметь: использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности; проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ; проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств; использовать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач Владеть: математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности;
ПК-1	частичный	Знать: физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники; Уметь: решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники; Владеть: математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники;
ПК-3	частичный	Знать: методы анализа и систематизации результатов исследований; Уметь: представлять результаты исследований в виде

¹ Полное или частичное освоение указанной компетенции

	научных отчетов, публикаций, презентаций; Владеть: навыками обработки результатов измерений и оценки их достоверности;
--	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем 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, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Квантовая механика	6	1-7	10	10	-	20	6/25	Рейтинг-контроль №1
2	Квантово- механические задачи	6	8-10	8	8	-	16	4/25	-
3	Структура вещества	6	11-12	4	4	-	8	2/25	Рейтинг-контроль №2
4	Статистическая физика	6	13-18	14	14	-	28	6/21	Рейтинг-контроль №3
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине			18	36	36	-	72	18/25	Экзамен/36

Содержание лекционных занятий по дисциплине

1. Квантовая механика.

- Лекция 1. Введение. Переход от классической к квантовой физике.
- Лекция 2. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
- Лекция 3. Математический аппарат квантовой механики.
- Лекция 4. Операторы квантовой механики. Уравнение Шредингера.
- Лекция 5. Основные принципы квантовой механики. Потенциальные кривые.

2. Квантово-механические задачи.

- Лекция 6. Квантовомеханические задачи. Частица в потенциальном ящике.
- Лекция 7. Квантовомеханические задачи. Квантовый осциллятор.
- Лекция 8. Квантовомеханические задачи. Атом водорода.
- Лекция 11. Квантовомеханические задачи. Туннельный эффект.

3. Структура вещества.

- Лекция 9. Многоэлектронные атомы. Эффект Зеемана. Спин электрона.
- Лекция 10. Периодическая система химических элементов, принцип Паули.

4. Статистическая физика.

- Лекция 12. Введение в статистическую физику. Термодинамические системы.
- Лекция 13. Распределение молекул газа по объему (Распределение Пуассона).
- Лекция 14. Распределение молекул идеального газа по проекциям скоростей.
- Лекция 15. Распределение молекул идеального газа по величине скорости.
- Лекция 16. Классическая статистика. Распределение Максвелла-Больцмана.
- Лекция 17. Статистика фермионов, Распределение Ферми-Дирака.
- Лекция 18. Статистика бозонов. Распределение бозе-эйнштейна.

Содержание практических занятий по дисциплине

- Практическое занятие 1. «Решение задач. Частица в потенциальном ящике».
- Практическое занятие 2. «Решение задач. Квантовый осциллятор».
- Практическое занятие 3. «Решение задач классической статистики».
- Практическое занятие 4. «Решение задач по статистике бозонов и фермионов».

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Квантовая механика и статистическая физика» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (тема №2);
- Групповая дискуссия (тема №1);
- Анализ ситуаций (тема № 3);
- Применение имитационных моделей (практическая № 1-2);
- Разбор конкретных ситуаций (тема № 4);

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

а) Вопросы к рейтинг-контролю:

Рейтинг-контроль №1:

1. Гипотеза Планка. Основные характеристики фотона.
2. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
3. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорость пакета.
4. Основные положения квантовой механики. Стационарное и нестационарное уравнения Шредингера.
5. Принципы в квантовой механике. Принцип соответствия. Принцип дополнительности.
6. Потенциальные кривые.
7. Состояние системы. Уравнения Шредингера. Физический смысл волновой функции.
8. Квантовомеханические системы. Математический аппарат квантовой механики. Операторы.
9. Операторы в квантовой механике. Основные свойства. Коммутационное соотношение.
10. Квантовомеханический осциллятор.

Рейтинг-контроль №2:

1. Квантовомеханические задачи. Задача свободного движения микрообъекта.
2. Квантовомеханические задачи. Частица в потенциальном ящике.
3. Квантовомеханические задачи. Атом водорода. Метод Фурье.
4. Понятие электронной плотности.
5. Квантование момента импульса и энергии.
6. Квантовомеханические задачи. Туннельный эффект.
7. Атомы в магнитном поле. Эффект Зеемана.
8. Спин электронов. Опыты Штерна и Герлаха.
9. Периодическая система химических элементов. Химические связи в веществе.
10. Распределение электронов по состояниям. Принцип Паули.
11. Распределение электронной плотности в атомах. Метод МОЛКАО.
12. Особенности энергетических спектров атомов, молекул и твердых кристаллических тел. Основные представления зонной теории твердых тел.
13. Электрические свойства вещества. Диэлектрики, проводники и полупроводники.
14. Магнитные свойства вещества. Диа-, пара- и ферромагнетики.
15. Наноструктурный анализ. Магические числа и размерные эффекты.

Рейтинг-контроль №3:

1. Термодинамические системы. Микро- и макропеременные состояния ТС.
2. Статистический ансамбль систем и термодинамическая вероятность.
3. Распределение молекул по объему. Распределение Пуассона.
4. Распределение Максвелла по проекциям скоростей молекул идеального газа.
5. Распределение Максвелла по величине скорости молекул идеального газа.
6. Классическая статистика. Распределение Максвелла-Больцмана.
7. Связь распределения Больцмана с распределением Максвелла.
8. Метод фазового пространства.
9. Квантовая статистика. Распределение состояний по энергии.
10. Принцип тождественности микрообъектов. Бозоны и фермионы.
11. Статистика фермионов. Распределение Ферми-Дирака.

12. Поверхность и энергия Ферми.
13. Статистика бозонного газа. Распределение Бозе-Эйнштейна.
14. Вырожденный бозе-газ. Бозе-конденсация. Температура Ферми.
15. Явления сверхтекучести и сверхпроводимости.

б) Вопросы для самостоятельной работы:

1. Имеем: 1) нейтроны 2) α -частицы 3) позитроны 4) протоны
В каких нанотехнологических системах изучаются и используются волновые свойства этих элементарных частиц?
2. Какое устройство должна иметь линза в электронном микроскопе?
3. Как строится изображение в электронном микроскопе?
4. Какую роль играют решетки в спектральных приборах?
5. Что произойдет со структурой энергетических уровней, если атомы объединяются в нанокластеры или в твердое тело?
6. Для какой наноструктуры использовалось в расчетах нестационарное уравнение Дирака в четырехмерном пространстве? (графен).
7. В полупроводниковом нанокластере появился экситон. Как рассчитывать для него спектр излучения?
8. Какое воздействие на нанокластер окажет процесс превращения пиона в два фотона? Какой тип взаимодействия «работает в АСМ?»
9. Что общего имеют нанокластер и одномерный «потенциальный ящик»? Как узнать форму трехмерного «ящика», образованного нанокластером (квантовой точкой)?
10. Какое взаимодействие является основным для нанокластеров? Какое взаимодействие «работает» в масс-спектроскопе?
11. Какую частицу (фермиона или бозона) искали в большом адронном коллайдере?

в) Вопросы к экзамену:

1. Гипотеза Планка. Основные характеристики фотона.
2. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
3. Волновой пакет. Фазовая и групповая скорость пакета.
4. Основные положения квантовой механики. Стационарное и нестационарное уравнения Шредингера.
5. Принципы в квантовой механике. Принцип соответствия. Принцип дополнительности.
6. Потенциальные кривые.
7. Состояние системы. Уравнения Шредингера. Физический смысл волновой функции.
8. Квантовомеханические системы. Математический аппарат квантовой механики. Операторы.
9. Операторы в квантовой механике. Основные свойства. Коммутационное соотношение.
10. Квантовомеханический осциллятор.
11. Квантовомеханические задачи. Задача свободного движения микрообъекта.
12. Квантовомеханические задачи. Частица в потенциальном ящике.
13. Квантовомеханические задачи. Атом водорода. Метод Фурье.
14. Понятие электронной плотности.
15. Квантование момента импульса и энергии.
16. Квантовомеханические задачи. Туннельный эффект.
17. Атомы в магнитном поле. Эффект Зеемана.
18. Спин электронов. Опыты Штерна и Герлаха.
19. Периодическая система химических элементов. Химические связи в веществе.
20. Распределение электронов по состояниям. Принцип Паули.
21. Распределение электронной плотности в атомах. Метод МОЛКАО.
22. Особенности энергетических спектров атомов, молекул и твердых кристаллических тел. Основные представления зонной теории твердых тел.
23. Электрические свойства вещества. Диэлектрики, проводники и полупроводники.
24. Магнитные свойства вещества. Диа-, пара- и ферромагнетики.
25. Наноструктурный анализ. Магические числа и размерные эффекты.

26. Термодинамические системы. Микро- и макропеременные состояния ТС.
27. Статистический ансамбль систем и термодинамическая вероятность.
28. Распределение молекул по объему. Распределение Пуассона.
29. Распределение Максвелла по проекциям скоростей молекул идеального газа.
30. Распределение Максвелла по величине скорости молекул идеального газа.
31. Классическая статистика. Распределение Максвелла-Больцмана.
32. Связь распределения Больцмана с распределением Максвелла.
33. Метод фазового пространства.
34. Квантовая статистика. Распределение состояний по энергии.
35. Принцип тождественности микрообъектов. Бозоны и фермионы.
36. Статистика фермионов. Распределение Ферми-Дирака.
37. Поверхность и энергия Ферми.
38. Статистика бозонного газа. Распределение Бозе-Эйнштейна.
39. Вырожденный бозе-газ. Бозе-конденсация. Температура Ферми.
40. Явления сверхтекучести и сверхпроводимости.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики : учеб. пособие / С.И. Кузнецов, А.М. Лидер. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2018. — 212 с. - ISBN 978-5-16-100426-5. - Текст : электронный. - URL:	2018	-	https://znanium.com/catalog/product/950965
2. Гоголева, Е. М. Прикладная оптика: Учебное пособие / Гоголева Е.М., Фарафонтова Е.П., - 2-е изд., стер. - Москва :Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 184 с. ISBN 978-5-9765-3076-8. - Текст : электронный. - URL:	2017	-	https://znanium.com/catalog/product/947184
3. Колпачев, А. Б. Колпачёв, А. Б. Волновая оптика. Дифракция и дисперсия света : учебное пособие / А. Б. Колпачёв, О. В. Колпачёв ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2018. - 91 с. - ISBN . - Текст : электронный. - URL:	2018	-	https://znanium.com/catalog/product/1021658
Дополнительная литература			
1. Браун, А.Г. Элементы квантовой механики и физики атомного ядра : учеб. пособие / А.Г.Браун, И.Г.Левитина. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2015. — 84 с. Текст : электронный.	2015	-	https://znanium.com/catalog/product/486392
2. Ведринский, Р. В. Квантовая механика: учебник / Ведринский Р.В. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2009. - 384 с. ISBN 978-5-9275-0706-1. - Текст : электронный.	2009	-	https://znanium.com/catalog/product/553266
3. Агапов, Н.А. Прикладная оптика : учеб. пособие / Н.А. Агапов ; Томский политехнический университет. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. - 286 с. - ISBN 978-5-4387-0791-2. - Текст : электронный. -URL:	2017	-	https://znanium.com/catalog/product/1043890

*не более 5 источников

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, а именно материально-техническое обеспечение дисциплины включает:*

- аудитории для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным программным обеспечением (511-3, 100-3, 122б-3, 106-3);
- система математических и инженерных расчётов MATLAB;
- кафедральные мультимедийные средства (ауд. 430-3, 420-3);
- электронные записи лекций.

Рабочую программу составил доцент Прохоров А.В. _____
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) Ген. Директор ООО «ВладИнТех» Осипов А.В. _____
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиГМ

Протокол № 1 от 02.09.19 года

Заведующий кафедрой _____

(ФИО, подпись)

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

Протокол № 1 от 02.09.19 года

Председатель комиссии _____

(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____