

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)

Институт прикладной математики, физики и информатики
(Наименование института)



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

_____ К.С. Хорьков

« 30 » 08 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника
_____ (код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Нанотехнологии и микросистемная техника
_____ (направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир
Год 2021

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

Дисциплина «Квантовая механика и статистическая физика» относится к обязательным дисциплинам учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1 Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Знает основные законы естественных наук, методы математического анализа и моделирования, основные законы и методы общеинженерных дисциплин. ОПК-1.2. Умеет 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. ОПК-1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности	Знает: законы и принципы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования; Умеет: 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 Владеет: математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности;	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание
ПК-1 Способен проводить физико-математическое моделирование	ПК-1.1. Знает основные физико-математические модели процессов, явлений и объектов в области нанотехнологий и микросистемной техники, а также методы моделирования. ПК-1.2. Умеет проводить моделирование процессов, явлений и	Знает: физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники; Умеет: решать задачи,	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий	объектов в области нанотехнологий и микросистемной техники, в том числе с использованием современных программных средств. ПК-1.3. Владеет навыками анализа процессов и объектов нанотехнологий и микросистемной техники на основе физико-математического и компьютерного моделирования.	использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники; Владеет: математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники;	
ПК-3 Способен анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	ПК-3.1. Знает методы и средства планирования и организации исследований и разработок, методы обобщения и обработки информации. ПК-3.2. Умеет применять нормативную документацию, связанную с проведением научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. ПК-3.3. Владеет навыками сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний, составления отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов.	Знает: методы анализа и систематизации результатов исследований; Умеет: представлять результаты исследований в виде научных отчетов, публикаций, презентаций; Владеет: навыками обработки результатов измерений и оценки их достоверности;	Тестовые вопросы Ситуационные задачи Практико-ориентированное задание

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Квантовая механика	6	1-7	10	10	-	-	20	Рейтинг-контроль №1
2	Квантово- механические задачи	6	8-10	8	8	-	-	16	-
3	Структура вещества	6	11-12	4	4	-	-	8	Рейтинг-контроль №2
4	Статистическая физика	6	13-18	14	14	-	-	28	Рейтинг-контроль №3
Всего за 6 семестр:		6	18	36	36	-	-	72	Экзамен,36
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине			18	36	36	-	-	72	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. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

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.

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

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.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

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-спектрокопе?
11. Какую частицу (фермиона или бозона) искали в большом адронном коллайдере?

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
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., Фарафонтон 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. Колпачёва ; 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

6.2. Периодические издания

1. Вестник компьютерных и информационных технологий, ISSN: 1810-7206.
2. Computerworld Россия, ISSN: 1560-5213.
3. Мир ПК, ISSN: 0235-3520.

6.3. Интернет-ресурсы

www.researchgate.net

7. 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, 1226-3, 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. _____
(должность, ФИО, подпись)

Рецензент
Генеральный директор ООО «ВладИнТех» _____ А.В. Осипов
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ
Протокол №1 от 30.08.2021 года
Заведующий кафедрой _____ С.М. Аракелян
(ФИО, подпись)

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

Протокол №1 от 30.08.2021 года
Председатель комиссии _____ С.М. Аракелян
(ФИО, должность, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2021 года

Заведующий кафедрой _____ С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____