

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 УМР

А.А.Панфилов

« 07 / 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
« КВАНТОВАЯ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА »
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	5 / 180	36	36	-	72	экз. (36 ч.)
Итого	5 / 180	36	36	-	72	экз. (36 ч.)

Владимир 2015

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины (модуля) «Квантовая 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

Изучение дисциплины проходит в 4-ом семестре. Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной 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».

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены при изучении дисциплин «Физические основы микро- и наносистемной техники», «Методы анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем», «Уравнения математической физики», «Теория эксперимента», «Физика твёрдого тела», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Механика наносистем и трибология», «Основы кристаллографии», «Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии», «Интегрированные технологии и оптика локализованных структур», «Проектирование электронных средств в нанoeлектронике», «Проектирование коммуникационных оснований электронных средств в нанoeлектронике», «Микрооптика и фотоника», а также для написания выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

- фундаментальные понятия, постулаты, математический аппарат квантовой и статистической физики (ОПК-1);
- основные физические законы квантовой физики и основные физические явления и особенности описания квантовых систем (ОПК-1);
- методы теоретического и экспериментального исследования (ОПК-2);
- новейшие достижения квантовой физики, перспективы их использования для построения технических устройств в области нанотехнологий и микросистемной техники (ОПК-1);

2) Уметь:

- применять законы и уравнения квантовой механики и статистической физики для описания квантовых и статистических систем (ОПК-1);
- использовать навыки физического моделирования для решения прикладных задач по будущей специальности (ОПК-2).

3) Владеть:

- методами квантово-механического описания простейших квантовых систем (ОПК-1);
- основными математическими методами статистической физики (ОПК-2);
- приемами решения конкретных задач (ОПК-2);

ОПК-1. Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

ОПК-2. Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Квантовая механика.	4	1-7	10	10			20		6 / 25	Рейтинг-контроль №1
2	Квантово-механические задачи	4	8-10	8	8			16		4 / 25	
3	Структура вещества.	4	11-12	4	4			8		2 / 25	Рейтинг-контроль №2
4	Статистическая физика	4	13-18	14	14			28		6 / 21	Рейтинг-контроль №3
Всего		4	18	36	36			72		18 / 25	Экзамен / 36

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и семинарские занятия);
- метод проектов (анализ, проектирование, разработка и реализация);
- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных и семинарских занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или ЭВМ);
- проведение занятий с использованием мультимедиа технологий лекционных и практических занятий (см. «Разработки занятий с использованием мультимедиа-технологий. «Общее естествознание»);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

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.

Дополнительные вопросы для самостоятельной работы и контрольные задания даны в прилагаемых методических разработках и методических рекомендациях к УМК дисциплины.

г) Примерные темы рефератов:

1. Химические связи в веществе.
2. Распределение электронной плотности в атомах. Метод МОЛКАО.
3. Электрические свойства вещества. Диэлектрики, проводники и полупроводники.
4. Магнитные свойства вещества. Диа-, пара- и ферромагнетики.
5. Наноструктурный анализ. Магические числа и размерные эффекты.
6. Дифракционные приборы для нанотехнологий.
7. Растровый, туннельный, зондовый - электронные микроскопы. АСМ-микроскоп.
8. Приборы для молекулярно-лучевой эпитаксии Масс-спектрограф Спектральные приборы.
9. Статистика фермионов. Распределение Ферми-Дирака.
10. Поверхность и энергия Ферми.
11. Статистика бозонного газа. Распределение Бозе-Эйнштейна.
12. Лазеры и голография.
13. Явления сверхтекучести и сверхпроводимости.
- 14.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Иродов И.Е.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.— 259 с.
2. Иродов И.Е. Задачи по квантовой физике [Электронный ресурс]/ Иродов И.Е.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— 215 с.
3. Неволин В.К. Квантовая физика и нанотехнологии [Электронный ресурс]/ Неволин В.К.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2013.— 128 с.

б) дополнительная литература:

1. Ташлыкова-Бушкевич И.И. Физика. Часть 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества [Электронный ресурс]: учебник/ Ташлыкова-Бушкевич И.И.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2014.— 232 с.
2. Жорина Л.В. Сборник задач по квантовой физике для профильных образовательных учреждений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Жорина Л.В., Старшинов Б.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 48 с.
3. Борисёнок С.В. Квантовая статистическая механика [Электронный ресурс]/ Борисёнок С.В., Кондратьев А.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.— 133 с.

в) периодические издания: Журналы:

Известия ВУЗов: физика;

Квант (с приложением);

Квантовая электроника;

Нано- и микросистемная техника;

Нanomатериалы и наноструктуры;

Успехи физических наук.


в) интернет-ресурсы:

<http://www.iprbookshop.ru>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Лекционные аудитории и аудитории для проведения практических занятий, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком (420-3, 430-3, 106-3, 1226-3, 100-3, 429-3).

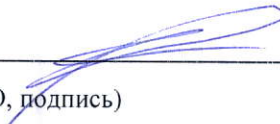
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 28.03.01 - Нанотехнологии и микросистемная техника

Рабочую программу составил ст. преподаватель кафедры ФиПМ М.Ю. Губин 
(ФИО, подпись)

Рецензент
(представитель работодателя) и. спец. научно-технологического РКПТ "ГПТ Задуса"
(место работы, должность, ФИО, подпись)


Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Заведующий кафедрой С.М. Аракелян 
(ФИО, подпись)

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

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Председатель комиссии С.М. Аракелян 
(ФИО, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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 _____