

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической работе,
профессор

Е.Г. Елина

2016 г.



Рабочая программа дисциплины

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Направление подготовки бакалавриата
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профили подготовки бакалавриата
«Микро- и нанoeлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем»
«Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур»
«Приборы микро- и нанoeлектроники, методы измерения микро- и наносистем»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов, 2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Квантовая механика» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений (владений), усвоение основных законов, методов и понятий квантовой механики.

Задачами освоения дисциплины являются овладение знаниями основных положений теории, уравнений Шредингера и навыками применения их к расчету процессов, происходящих на атомном и молекулярном уровне. Студенты также должны знать основные квантовомеханические модели (гармонический осциллятор, прямоугольная яма, квантовый ротатор и т.п.).

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Квантовая механика» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы и изучается студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 11.03.04 "Электроника и нанoeлектроника», в течение 5 учебного семестра.

Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике, химии, термодинамике и статистической физике, электродинамике сплошных сред, и подготавливает студентов к изучению в последующих семестрах таких дисциплин как, «Физика полупроводников», «Квантовая теория твердого тела», «Квантовая и оптическая электроника», «Технология материалов и структур электроники», «Твердотельная электроника», а также ряда дисциплин при продолжении обучения в магистратуре

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Квантовая механика» формируются следующие компетенции: ОПК-1, 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;

В результате освоения дисциплины обучающийся студент должен

- знать подходы и методы квантовой механики, их отличие от подходов и методов классической физики, математические основы квантовой механики;

- уметь описывать и качественно объяснять те или иные свойства наноразмерных частиц, структур из них образованных;
- владеть методами теоретического описания и анализа процессов в микромире.
- иметь представление о последних достижениях физики наноструктур.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Введение	5	1	2				
2.	Основные положения квантовой механики	5	2,3,4,5	8			8	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
			1-6			2		
3.	Принцип неопределённости. Операторы	5	6,7,8,9	8			8	Контрольная работа
			7-13			8		
4.	Постулаты квантовой механики	5	10-13	8			6	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
			14, 15			4		
5.	Уравнение Шредингера	5	14, 15	4			10	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
			16, 17			16		
6.	Принцип Паули. Статистика элементарных частиц	5	16	2		2	4	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
7.	Движение в поле центральной силы	5	17	2		2	4	Проверка выполнения заданий самостоятельной работы
	Итого:		17	34		34	40	Экзамен (36 час.)

Содержание дисциплины

1. Введение
2. Основные положения квантовой механики. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Волновой пакет
3. Принцип неопределённости. Операторы координаты, импульса, кинетической энергии.
4. Постулаты квантовой механики. Теорема об одновременной измеримости физических величин.
5. Уравнение Шредингера. Классические задачи квантовой механики.
6. Принцип Паули. Обменное взаимодействие. Статистика элементарных частиц
7. Движение в поле центральной силы. Молекула водорода

Примерная тематика практических занятий (семинаров)

	Тема	Время в часах	План
1	Основные положения квантовой механики. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Волновой пакет	2	Дуализм «волна-частица». Волновой пакет.
2	Принцип неопределённости. Операторы координаты, импульса, кинетической энергии.	8	Действия с операторами. Операторы координаты, импульса, кинетической энергии
4	Постулаты квантовой механики. Теорема об одновременной измеримости физических величин.	4	Коммутаторы операторов
3	Уравнение Шредингера. Классические задачи квантовой механики.	16	Частица в бесконечно глубокой прямоугольной яме. Ямы конечной глубины. Отражение от стенки и прохождение частицы через прямоугольный барьер.
5	Принцип Паули. Обменное взаимодействие. Статистика элементарных частиц	4	Перестановочные соотношения для фермионов. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.

5. Образовательные технологии

В преподавании дисциплины «Квантовая механика» используются следующие образовательные технологии:

- информационно-развивающие,
- проблемно-поисковые,
- исследовательские,

В процессе обучения предусматривается широкое использование активных и интерактивных форм проведения занятий: адресация аудитории вопросов и коллективный поиск ответов на них в форме дискуссий.

При реализации программы дисциплины «Квантовая механика» наряду с традиционными лекционными и семинарскими технологиями используются современные образовательные технологии с использованием ПК и мультимедийного проектора для наглядных демонстраций функциональных зависимостей, формы электронных облаков и т.п.

При реализации программы дисциплины предусмотрены также лекции по актуальным вопросам квантовой теории ведущих российских и зарубежных ученых.

Методы обучения, применяемые при освоении дисциплины способствуют закреплению и совершенствованию знаний, овладению умениями и получению навыков в области применения квантово-механических методов. Содержание учебного материала диктует выбор методов обучения:

- информационно-развивающие – лекция, объяснение, демонстрация, решение задач, самостоятельная работа с рекомендуемой литературой;
- проблемно-поисковые и исследовательские – самостоятельная проработка предлагаемых проблемных вопросов по дисциплине

При проведении практических (семинарских) занятий в активной форме проводится детальный анализ вопросов физики, математических методов расчета квантово-механических процессов в соответствии с приведенным ниже списком тем (по выбору преподавателя).

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;

- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего семестра (периода освоения дисциплины) и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям и практическим (семинарским) занятиям, к контрольным работам, в выполнении заданий лектора, работе в компьютерном классе или библиотеке.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь при выполнении домашних заданий) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе или библиотеке.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- при подготовке к контрольной работе пользоваться лекциями и рекомендованной литературой;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время экзамена.

Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых студентам

1. Чистые, смешанные и запутанные состояния.
2. Операторы, матрица плотности, представления.
3. Момент импульса, спин, магнитный момент. Спиноры.
4. Теория возмущений. Молекула. Спектр.
5. Теория возмущений. Квантовые переходы.
6. Метод функционала плотности.
7. Теория рассеяния.
8. Вторичное квантование, представление чисел заполнения.
9. Основные положения квантовой электродинамики.
10. Квантовый компьютер.

При реализации программы дисциплины «Квантовая механика» студентам предлагается одна контрольная работа в середине семестра после освоения двух первых тем.

При подготовке к контрольной работе необходимо использовать материал прочитанных лекций.

Контрольная работа 1.

Вариант А. Решение уравнения Шредингера для частицы в бесконечной потенциальной яме

Вариант Б. Прохождение частицы через потенциальный барьер.

При выполнении данной контрольной работы студент должен продемонстрировать знания принципов квантовой механики и умение в решении задач.

Результаты выполнения контрольных работ учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Истоки возникновения квантовой механики.
2. Основные положения квантовой механики. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Волновой пакет
3. Принцип неопределённости. Операторы координаты, импульса, кинетической энергии.
4. Постулаты квантовой механики. Теорема об одновременной измеримости физических величин.
5. Уравнение Шредингера. Классические задачи квантовой механики.
6. Принцип Паули. Обменное взаимодействие. Статистика элементарных частиц
7. Движение в поле центральной силы. Молекула водорода

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре .

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
5	20	0	20	20	0	10	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

5 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 20 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 20 баллов.

Самостоятельная работа

Выполнение заданий на самостоятельную работу, контрольная работа – от 0 до 20 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Реферат, научно-исследовательская и методическая деятельность по дисциплине, блиц-опрос, контрольный опрос - от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация (экзамен)

Ранжирование ответов студентов при проведении промежуточной аттестации:
ответ на «отлично» – **21-30 баллов**

ответ на «хорошо» – **11-20 баллов**

ответ на «удовлетворительно» – **6-10 баллов**

неудовлетворительный ответ. – **0-5 баллов**

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Квантовая механика» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Квантовая механика» в оценку, выставляемую в экзаменационную ведомость и зачётную книжку, осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку.

86 - 100 баллов	«отлично»
70 - 85 баллов	«хорошо»
50 - 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Теоретическая физика: учеб. пособие : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. **Т. 3** : Квантовая механика. Нерелятивистская теория / под ред. Л. П. Питаевского. - 6-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 800 с. **Гриф МО** (В НБ СГУ 25 экз.)
2. Савельев И.В. Основы теоретической физики [**Электронный ресурс**] : учебник. Т.2. Квантовая механика. - Москва : Лань, 2016. - 432 с. — Режим доступа http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71765 .— ЭБС "ЛАНЬ"
3. 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>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Шпольский Э. В. Атомная физика [**Электронный ресурс**] : учебник. **Т.2** : Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. – М. : Лань, 2010. - 441 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=443.— ЭБС "ЛАНЬ"
5. Задачи и тесты по оптике и квантовой механике [**Электронный ресурс**] / С. С. Аплеснин, Л. И. Чернышова, Н. В. Филенкова. – М. : Лань, 2012. - 336 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3172.— ЭБС "ЛАНЬ"

б) дополнительная литература:

1. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики [**Электронный ресурс**]. - Москва : Лань, 2004. - 664 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=619.— ЭБС "ЛАНЬ"
2. Демидович Б. П. Математические основы квантовой механики [**Электронный ресурс**] . - Москва : Лань, 2005. – 200 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=604.— ЭБС "ЛАНЬ"
3. 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>.— ЭБС «IPRbooks»
4. 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>.— ЭБС «IPRbooks»

5. Усанов Д.А., Сучков С.Г. Многочастичные квантовые эффекты в физике твердого тела (экситон, квантовые эффекты Холла, сверхпроводимость). Учеб. пособие с грифом УМО для вузов. – Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2007, - 112 с. (В НБ СГУ 12 экз.)
6. Сучков С.Г. Макроскопические квантовые эффекты в твердых телах. Учеб. пособие для вузов.-Саратов. Изд-во СГУ, 2001.-96 с. (В НБ СГУ 49 экз.)
7. Начальные главы квантовой механики / Н. В. Карлов, Н. А. Кириченко. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 359 с. (В НБ СГУ 5 экз.), 2004 (В НБ СГУ 5 экз.)
8. Задачи по квантовой механике: [700 задач с подроб. решениями] : учеб. пособие для студентов физ. специальностей вузов : в 2 ч. / В. М. Галицкий, Б. М. Карнаков, В. И. Коган. - М. : Едиториал УРСС, 2001. (В НБ СГУ 9 экз.)
9. Простейшие модели в квантовой механике: учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов / И. В. Абаренков, С. Н. Загуляев ; С.-Петербур. гос. ун-т. - СПб. : Изд-во С-Петербург. ун-та, 2004. - 126 с. (В НБ СГУ 8 экз.)
10. Сивухин Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. - 3-е изд., стер. Т. 5 : Атомная и ядерная физика. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 782 с.
Гриф МО (В НБ СГУ 46 экз.)



г) рекомендуемая литература:

1. Белинский А. В. Квантовые измерения : учеб. пособие. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 181с. **Гриф УМО** (В НБ СГУ 4 экз.)
2. Квантовая механика : учеб. пособие для вузов / В. В. Мултановский, А. С. Василевский. - 2-е изд., перераб. - М. : Дрофа, 2007. - 399с. (В НБ СГУ 1 экз.)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа:
<http://library.sgu.ru/>
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа:
<http://window.edu.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Квантовая механика» проводятся в аудиториях, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам, оснащенных компьютерной техникой, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» и профилями подготовки «Микро- и наноэлектроника, диагностика нано- и биомедицинских систем», «Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур», «Приборы микро-и наноэлектроники, методы измерения микро- и наносистем».

Программа разработана в 2011 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 18 марта 2011 г., протокол № 12).

Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры физики твердого тела от 30 августа 2016 г., протокол № 1).

Автор, доцент  Постельга А.Э.

Зав. кафедрой физики твёрдого тела,

профессор  Д.А. Усанов

Декан факультета нано- и биомедицинских

технологий, профессор  С.Б. Вениг