Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра радиофизики и электроники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.23 Квантовая механика»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика
(код и наименование направления подготовки)

Физика наноматериалов
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Год набора 2025

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.Б.23 Квантовая механика*» рассмотрена и утвержде
на заседании кафедры

Кафедра радиофизики и электроники
наименование кафедры

протокол № 5 от "18" февраля 2025г.

Заведующий кафедрой
Кафедра радиофизики и электроники _____ А.П. Русинов
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Профессор каф. РФиЭ _____ Т.М. Чмерева
должность *подпись* *расшифровка подписи*

_____ _____ _____
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.03.03 Радиофизика _____ Т.М. Чмерева
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
Глав. библиограф _____ С.А. Бектешкерова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ А.Д. Стрекаловская
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Чмерева Т.М., 2025
© ОГУ, 2025

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

Освоение компетенций ОПК-1,3 в процессе обучения основам квантовой механики и формирование у студентов целостного представления о явлениях и процессах, относящихся к данному разделу физики.

Задачи:

Изучение математического аппарата и основных принципов квантовой механики, а также приобретение навыков решения задач по данной дисциплине.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.18 Оптика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.3 Магнитная релаксация и методы радиоспектроскопии*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности	ОПК-1-В-1 Знает основные понятия и законы физики и других естественных наук, методы математического анализа, алгебры и геометрии ОПК-1-В-2 Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и естественнонаучных знаний, методов научного анализа и моделирования	**Знать:** - основные принципы квантовой механики; - математический аппарат квантовой механики; - основные уравнения квантовой механики. **Уметь:** - решать стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и естественнонаучных знаний. **Владеть:** - навыками использования в профессиональной деятельности базовых знаний в области физики и радиофизики.
ОПК-3 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-3-В-1 Знает основное содержание современных информационных технологий и возможности современных программных средств ОПК-3-В-2 Умеет выбирать современные информационные технологии и программные средства, для решения задач профессиональной деятельности	**Знать:** - основы информационных технологий и возможности программных средств. **Уметь:** - выбирать программные средства для решения задач профессиональной деятельности. **Владеть:** - базовыми знаниями по информационной безопасности. ...

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	4 семестр	5 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**108**	**144**	**252**
Контактная работа:	**50,25**	**35,25**	**85,5**
Лекции (Л)	34	18	52
Практические занятия (ПЗ)	16	16	32
Консультации		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25	0,5
Самостоятельная работа: *- проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- изучение разделов массового открытого онлайн-курса «Квантовая физика»;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю.*	**57,75**	**108,75**	**166,5**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**зачет**	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Экспериментальные факты, лежащие в основе квантовой механики	12	4	2		6
2	Математический аппарат квантовой механики	20	6	4		10
3	Уравнение Шредингера, его основные свойства	12	4	-		8
4	Одномерное движение	20	6	4		10
5	Момент количества движения. Четность состояния	14	4	2		8
6	Движение частицы в центральном поле. Водородоподобный атом. Одновалентный атом	20	6	4		10
7	Квантовомеханическое описание спина частицы	10	4	-		6
	Итого:	108	34	16		58

Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
8	Приближенные методы вычисления собственных значений и собственных функций	54	8	8		40

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	оператора Гамильтона					
9	Многоэлектронные атомы	47	6	4		35
10	Атом в электрическом и магнитном поле	43	4	4		35
	Итого:	144	18	16		110
	Всего:	252	52	32		168

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 Экспериментальные факты, лежащие в основе квантовой механики

Корпускулярно-волновой дуализм свойств света. Энергия кванта. Формула Планка. Фотоэффект. Эффект Комптона. Постулаты Бора. Боровская теория атома водорода. Опыт Франка и Герца. Опыт Штерна и Герлаха. Пространственное квантование.

2 Математический аппарат квантовой механики

Волновая функция. Принцип суперпозиции. Условие нормировки. Статистическое толкование волновой функции. Средние значения физических величин. Операторы физических величин. Собственные значения и собственные функции операторов. Транспонированный, эрмитовосопряженный, обратный операторы. Произведение операторов. Коммутаторы. Свойства собственных функций операторов, имеющих дискретный спектр. Свойства собственных функций операторов, имеющих непрерывный спектр. Описание состояний с помощью матрицы плотности. Соотношение неопределенностей для физических величин.

3 Уравнение Шредингера, его основные свойства

Предельный переход от квантовой к классической механике. Нестационарное уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Плотность вероятности и плотность тока вероятности. Стационарные состояния, их особенности. Изменение средних значений физических величин с течением времени. Квантовые скобки Пуассона. Теоремы Эренфеста. Интегралы квантовых уравнений движения. Общие свойства решений уравнения Шредингера.

4 Одномерное движение

Общие свойства одномерного движения. Частица в прямоугольной потенциальной яме с бесконечными стенками и стенками конечной высоты. Гармонический осциллятор в квантовой механике. Движение в однородном поле. Движение частицы над потенциальным барьером и потенциальной ямой. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Коэффициенты отражения и прохождения. Движение в периодическом поле. Зонная структура энергетических состояний. Теорема Блоха.

5 Момент количества движения. Четность состояния

Оператор момента импульса. Коммутационные соотношения. Собственные значения и собственные функции операторов квадрата момента импульса и проекции момента импульса на выделенное направление. Орбитальное и магнитное квантовые числа. Векторное сложение двух моментов. Правило треугольника. Коэффициенты Клебша-Гордана. Четность состояния. Правило сложения четностей. Закон сохранения четности.

6 Движение в центральном поле. Водородоподобный атом. Одновалентный атом

Уравнение Шредингера для радиальной части волновой функции частицы, движущейся в центрально симметричном поле. Свободное движение частицы с определенным значением орбитального момента. Движение в сферически-симметричной прямоугольной потенциальной яме с бесконечными стенками и стенками конечной высоты. Движение в кулоновском поле. Квантовые числа, характеризующие состояние электрона в атоме. Кратность вырождения уровней. Причина вырождения. Дискретный и непрерывный спектры. Волновые функции водородоподобного атома. Сравнение боровской теории с квантовой. Движение электрона в одновалентных атомах.

7 Квантовомеханическое описание спина частицы

Экспериментальные доказательства существования спина электрона. Оператор спина. Коммутационные соотношения. Матрицы Паули. Собственные значения и собственные функции операторов квадрата спина и проекции спина на выделенное направление для случая s=1/2.

8 Приближенные методы вычисления собственных значений и собственных функций оператора Гамильтона

Квазиклассическое приближение. Условие применимости квазиклассики. Волновая функция в квазиклассическом приближении. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Теория возмущений в стационарных состояниях с дискретным спектром. Теория возмущений при наличии вырождения. Секулярное уравнение. Возмущения, зависящие от времени. Переходы под влиянием возмущения, действующего в течение конечного времени. Переходы под влиянием периодического возмущения. Переходы в непрерывном спектре. Вариационный метод расчета собственных значений оператора Гамильтона.

9 Многоэлектронные атомы

Тождественные частицы. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули. Энергия основного состояния атома гелия. Возбужденные состояния: ортогелий и парагелий. Обменная энергия. Синглетные и триплетные уровни энергии. Самосогласованное поле. Одночастичное приближение. Система уравнений Хартри-Фока для определения одноэлектронных волновых функций и энергий. Учет корреляций в движении электронов. Статистический метод Томаса-Ферми. Периодическая система Менделеева. Состояние электронов в атоме. Спектральные термы. Правила Хунда.

10 Атом в электрическом и магнитном поле

Простой и сложный эффекты Зеемана с точки зрения квантовой теории. Квантовая теория линейного и квадратичного эффектов Штарка.

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Решение задач на фотоэффект, эффект Комптона, постулаты Бора	2
2-3	2	Волновая функция, условие нормировки, средние значения физических величин. Операторы в квантовой механике. Собственные функции, собственные значения.	4
4-5	4	Частица в одномерной прямоугольной потенциальной яме. Гармонический осциллятор. Прохождение через потенциальные барьеры.	4
6	5	Общие свойства момента количества движения. Сложение моментов.	2

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
7-8	6	Состояния дискретного спектра в центральных полях. Атом водорода.	4
9-12	8	Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Теория возмущений без вырождения. Теория возмущений при наличии вырождения. Вероятности переходов между состояниями дискретного спектра. Вариационный метод Ритца.	8
13-14	9	Решение задач на состояние электронов в атоме, нахождение термов для разных электронных конфигураций.	4
15-16	10	Решение задач на эффекты Зеемана и Штарка.	4
		Итого:	32

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы [Текст] : учеб. пособие для вузов / И. Е. Иродов. - М. : Лаборатория базовых знаний, 2001. - 272 с. : ил - ISBN 5-93208-055-8.

2. Иродов, И. Е. Задачи по квантовой физике [Текст] : учеб. пособие для вузов / И. Е. Иродов.- 2-е изд., испр. - М. : Физматлит ; СПб. : Невский Диалект : ЛБЗ, 2001. - 216 с. : ил. - (Технический университет) - ISBN 5-93208-056-6.

5.2 Дополнительная литература

1. Барановский, В. И. Квантовая механика и квантовая химия [Текст] : учебное пособие / В. И. Барановский.- 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 427 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Прил.: с. 407-420. - Библиогр.: с. 421. - ISBN 978-5-8114-2340-8.

2. Галицкий, В.М. Задачи по квантовой механике / В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган. -М.:Едиториал УРСС, 2001. Ч.1:. -304с.

3. Галицкий, В.М. Задачи по квантовой механике / В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган. -М.:Едиториал УРСС, 2001. Ч.2:. -304с.

4. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Т. 3 : Квантовая механика (нерелятивистская теория). / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - М. : Физматлит, 2001 – 808с.

5.3 Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016.

2. Успехи физических наук : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.

5.4 Интернет-ресурсы

1. www.ph4s.ru - Физика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина, МИФИ.

2. http://kvant.mccme.ru/ - Научно-популярный физико-математический журнал «Квант».

3. http://www.physbook.ru/ - Электронные учебники и журналы по физике.

4. https://openedu.ru/course/ - «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Квантовая физика».

5. http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index - Журнал экспериментальной и теоретической физики.

6. https://ufn.ru/ - Успехи физических наук : журнал.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Платформа для проведения онлайн мероприятий и видеоконференций «DION»

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории, учебными плакатами.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.