

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)

Квантовая электроника

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Год набора 2022

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

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры

протокол № 5 от "22" февраля 2022 г.

Заведующий кафедрой

Кафедра радиофизики и электроники

наименование кафедры

подпись

А.П. Русинов

расшифровка подписи

Исполнители:

Профессор каф. РФиЭ

должность

подпись

Т.М. Чмерева

расшифровка подписи

должность

подпись

расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии по направлению подготовки

03.03.03 Радиофизика

код наименование

личная подпись

Т.М. Чмерева

расшифровка подписи

Заведующий отделом комплектования научной библиотеки

личная подпись

Н.Н. Бигалиева

расшифровка подписи

Уполномоченный по качеству факультета

личная подпись

А.Д. Стрекаловская

расшифровка подписи

№ регистрации _____

© Чмерева Т.М., 2022

© ОГУ, 2022

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.16 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	<u>Знать:</u> - основные принципы квантовой механики; - математический аппарат квантовой механики; - основные уравнения квантовой механики. <u>Уметь:</u> - решать стандартные профессиональные задачи с применением физико-математических и естественнонаучных знаний. <u>Владеть:</u> - 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	<u>Знать:</u> - основы информационных технологий и возможности программных средств. <u>Уметь:</u> - выбирать программные средства для решения задач профессиональной деятельности. <u>Владеть:</u> - 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		
	5 семестр	6 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; - 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 5 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 6 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
8	Приближенные методы вычисления собственных значений и собственных функций оператора Гамильтона	54	8	8		40
9	Многочастицичные атомы	47	6	4		35
10	Атом в электрическом и магнитном поле	43	4	4		35

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	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
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	8

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
		вырождения. Теория возмущений при наличии вырождения. Вероятности переходов между состояниями дискретного спектра. Вариационный метод Ритца.	
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. Ведринский Р.В. Квантовая механика [Электронный ресурс]: учебник/ Ведринский Р.В.— Электрон. текстовые данные.— Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2009.— 384 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46976.html>.— ЭБС «IPRbooks»

5.2 Дополнительная литература

1. 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.
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 Microsoft Windows.
2. Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access).
3. SCOPUS [Электронный ресурс] : реферативная база данных / компания Elsevier. – Режим доступа: <https://www.scopus.com/>, в локальной сети ОГУ.

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.